Angewandte stochastische lineare Programmierung:

Das Diätproblem

DISSERTATION

der Rechts- und staatswissenschaftlichen Fakultät
der Universität Zürich
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Wirtschaftswissenschaft

vorgelegt von

JÜRG WEDER
von Diepoldsau/SG

1979

genehmigt auf Antrag von
Herrn Prof. Dr. P. Kall

Angewandte stochastische lineare Programmierung:

Das Diätproblem

DISSERTATION

der Rechts- und staatswissenschaftlichen Fakultät
der Universität Zürich
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Wirtschaftswissenschaft

vorgelegt von

JÜRG WEDER
von Diepoldsau/SG

genehmigt auf Antrag von
Herrn Prof. Dr. P. Kall

Die Rechts- und staatswissenschaftliche Fakultät gestattet hierdurch die Drucklegung vorliegender Dissertation, ohne damit zu den darin ausgesprochenen Anschauungen Stellung zu nehmen.

Zürich, den 22. November 1978

Der Dekan:
Prof. Dr. J. Rehberg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

V O R W O R T

An dieser Stelle möchte ich allen am vorliegenden Werk auf irgendeine Art beteiligt gewesenen Personen meinen Dank aussprechen. Insbesondere gilt dies der Firma Wander AG, die mir die Benützung ihrer Bibliothek gestattete und den Einstieg in die Problematik der Diätetik erleichterte, dann der FIDES Treuhandgesellschaft, die mir ihre Computeranlage und die Standardprogramme LINOPT und OPHELIE II zur Verfügung stellte, sowie der Zentralstelle für Organisationsfragen der Bundesverwaltung, welche mir ermöglichte, die Computeranlage der ETH Lausanne zu benützen.

Mein spezieller Dank jedoch gilt Herrn Prof. Dr. Peter Kall, der stets mit wertvollen Hinweisen und kritischen Bemerkungen Wesentliches zum Gelingen beitrug.

0. INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG 1

1.1. Deterministische Modelle 1
1.2. Stochastische Modelle 2

2. ERNAEHRUNGSWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN 4

2.1. Physiologie der Ernährung 4
2.1.1. Energielieferanten 4
2.1.2. Mineralstoffe 5
2.1.3. Cholesterin 5
2.1.4. Vitamine 5
2.1.5. Faserstoffe (Ballaststoffe) 6

2.2. Geschmacksrestriktionen 6
2.2.1. Portionen 7
2.2.2. Schranken 7
2.2.3. Bedarfsbereiche 7

2.3. Diäten 8

3. DIE ZUSAMMENSETZUNG DER NAHRUNGSMITTEL UND IHRE SCHWANKUNG 11

3.1. Theorie 11
3.1.1. Die Nicht-Vitamine 11
3.1.2. Die Vitamine 11
3.1.2.1. Die Vitamine A und C 12
3.1.2.2. Die Vitamine B_1 und B_2 14
3.1.3. Schlussfolgerungen 14

3.2. Das verwendete Zahlenmaterial 15
3.2.1. Variablen und technische Koeffizienten 15
3.2.2. Preise 16

4. DAS DETERMINISTISCHE LINEARE MODELL 17

4.1. Zielsetzung / Voraussetzungen 17

4.2. Die Optimierungsaufgabe 18

4.3. Die Nachkontrolle 19

4.4. Folgeoptimierungen 21

4.5. Die "fat solution" 22

4.6. Optimierungen der verschiedenen Diäten 23
4.6.1. Mastkost 24
4.6.2. Magenschonkost 24
4.6.3. Reduktionskost 24
4.6.4. Nierenschonkost 25

4.7. Schlussfolgerungen 25

5. DAS STOCHASTISCHE LINEARE MODELL 26
5.1. Formulierung des Zweistufenprogrammes 26
5.2. Die Struktur des Zweistufenprogrammes 30
5.3. Die verwendeten Daten 32
5.4. Die Lösung des Zweistufenprogrammes 33
5.5. Vergleich der Resultate deterministischer - stochastischer Fall 38
5.6. Vergleich des Rechenaufwandes 39
6. DAS DUALE STOCHASTISCHE LINEARPROGRAMM 41
6.1. Das Dualprogramm 41
6.2. Die Struktur des Dualprogrammes 42
6.3. Die revidierte Simplexmethode mit der expliziten Basisinversen 46
6.4. Das Verfahren 48
6.5. Spezielle Probleme bei der Bestimmung der Pivotkolonne 51
6.6. Vergleich des Rechenaufwandes Primal/ Dualprogramm 55
7. ANHANG 57
Tabelle A-1 : Die verwendeten Nahrungsmittel 58
Tabelle A-2a : Restriktionswerte für verschiedene Diäten 63
Tabelle A-2b : Bedarfsbereiche für verschiedene Diäten 64
Tabelle A-3 : 8 Folgeoptimierungen Vollkost/ leichte Kost 65
Tabelle A-4 : 8 Folgeoptimierungen Mastkost 66
Tabelle A-5 : 8 Folgeoptimierungen Magenschonkost 67
Tabelle A-6 : 8 Folgeoptimierungen Reduktionskost 68
Tabelle A-7 : 8 Folgeoptimierungen Nierenschonkost 69
Tabelle A-8 : Output von OPHELIE II 70
Tabelle A-9 : Code des (DSLP) 87
Tabelle A-10 : Output Optimallösung des (DSLP) 101
Literaturverzeichnis 103

1. E I N L E I T U N G

So alt wie die mathematischen Verfahren des Operations Research sind die Versuche, mit diesem Hilfsmittel eine Lösung des Diätproblems zu finden. Verschiedene Autoren stellten Modelle auf, die zwar unterschiedlich konzipiert waren, die aber alle das gleiche Ziel hatten: man bestimme eine kostenminimale Kombination von Nahrungsmitteln, wobei die Minimalmengen von bestimmten Nährstoffen garantiert werden sollen. Grundsätzlich gibt es zwei Hauptgruppen von Modellen: deterministische einerseits und stochastische andererseits.

1.1. Deterministische Modelle

Schon 1945 fand Stigler [12] aus 77 Nahrungsmitteln mit Hilfe eines linearen Modells mit 9 physiologischen Restriktionen eine Lösung. 7 Nahrungsmittel in entsprechend grossen Mengen sollten für eine Person ein ganzes Jahr lang genügen. Andere Autoren versuchten dieses Modell zu verbessern, so z.B. Smith [11] mit seinem "large model", welches aus 572 Nahrungsmitteln mit 13 physiologischen und 85 Geschmacksrestriktionen eine Lösung brachte mit 57 Nahrungsmitteln, die für eine dreiköpfige Familie für 4 Wochen genügend Nährstoffe enthalten sollten. Gleichzeitig schlug Wolfe [14] einen anderen Weg ein. Er übernahm das Stiglermodell, änderte aber die Zielfunktion, indem er aus der linearen Funktion $\min \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$ die neue quadratische Funktion $\min \{ P \sum_{j=1}^{n} c_j x_j + \sum_{j=1}^{n} f_j x_j^2 \}$ bildete, wobei P ein beliebiger Parameter zur Gewichtung des linearen Teils der Zielfunktion und f_j für jedes Nahrungsmittel ein sogenannter Missfallensindex oder Ermüdungsindex bedeutete. Je nach Gewichtung mit P oder f_j konnten verschiedene Resultate erreicht werden.

Eine andere Idee hatte Balintfy [10]. Er wich von den bisherigen Verfahren ab, indem er nicht mehr beliebige Mengen der verschiedenen Nahrungsmittel in der Lösung hatte, sondern indem er versuchte, nach oben beschränkte, ganzzahlige Portionen von Nahrungsmitteln zu erhalten. Die Nahrungsmittel teilte er in Gruppen ein mit ähnlichen Funktionen: Vorspeisen, Fleisch, Beilagen, Dessert, u.ä. Zur Optimierung verwendete er folgenden Algorithmus:

- aus jeder der Nahrungsmittelgruppen wird die billigste Variable ausgewählt und an die obere Schranke gesetzt (die Lösung ist nicht notwendigerweise zulässig)
- mit der dualen Simplexmethode wird eine zulässige Ausgangslösung gesucht
- falls noch eine Variable mit negativen reduzierten Kosten vorhanden ist, wird diese in die Basis genommen und an die obere Schranke gesetzt. Diese Operation wird so lange wiederholt, bis die reduzierten Kosten aller Variablen ≥ 0 sind

Die Lösung dieses Programmes ist nicht zwangsweise identisch mit der Lösung eines normalen ganzzahligen Algorithmus, hingegen ist der Rechenaufwand bedeutend geringer.

1.2. Stochastische Modelle

1963 versuchten van de Panne und Popp [13] dem Umstand Rechnung zu tragen, dass die sogenannten technischen Koeffizienten stochastische Grössen sind und führten eine Wahrscheinlichkeitsrestriktion für das Protein ein: $f(x) = a'x + \phi(x'Vx)^{1/2} \geq \beta$, wobei a der Vektor gebildet aus den Erwartungswerten an Nährstoffen für verschiedene Nahrungsmittel, V die Kovarianzmatrix, β die verlangte Nährstoffmenge an Protein und ϕ die obere Grenze des Integrals der Verteilungsfunktion der Normalverteilung bei gegebenem Risiko sind. Mit Hilfe des Verfahrens der zulässigen Richtungen von Zoutendijk wurde eine Lösung dieses Programmes gefunden. Es zeigte sich in einer Vergleichsrechnung, dass sich diese Lösung von derjenigen des nicht-stochastischen Falles,

d.h. des linearen Programmes mit Mittelwerten als technischen Koeffizienten, unterschied: die Mengen der Variablen mit grossen Schwankungen im Proteingehalt wurden erhöht, diejenigen mit kleiner Schwankung gesenkt.

Van de Panne / Popp hatten mit ihrem Ansatz ein nicht-lineares Programm zu lösen, da sie durch die Einführung der Varianz quadratische Grössen in den Restriktionen hatten. In der vorliegenden Arbeit soll der stochastische Fall auf ein lineares Programm zurückgeführt werden.

Im Kapitel 2 werden die physiologischen Anforderungen zusammengestellt, im Kapitel 3 sollen die verwendeten Daten diskutiert werden. Mit einem deterministischen Linearprogramm wird in Kapitel 4 eine Lösung des Diätproblems bestimmt, wobei für die technischen Koeffizienten Mittelwerte verwendet werden. Eine Nachrechnung mit schlechtesten Werten zeigt, dass die Restriktionen erheblich verletzt würden. Dies wird in Kapitel 5 berücksichtigt, indem das Problem mit dem Zweistufenprogramm oder dem Programm mit Kompensation gelöst wird. Man sieht dann auch, dass mit dieser Methode bessere Resultate erreicht werden können. Zur Lösung wird das Standardprogramm OPHELIE II [50a] verwendet. Da der Aufwand mit einem Standardprogramm relativ gross ist, wird in Kapitel 6 das Dualprogramm des Zweistufenprogrammes gelöst. Dabei wird die revidierte Simplexmethode angewandt, welche die spezielle Struktur der Koeffizientenmatrix berücksichtigt. Damit werden Rechenaufwand und Speicherbedarf bedeutend gesenkt.

2. ERNAEHRUNGSWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN

2.1. Physiologie der Ernährung

Eine optimale Nahrung soll dem Körper Wasser, Kohlenhydrate, Eiweisse, Fette, Mineralstoffe, Vitamine und Ballaststoffe in genügender Menge liefern. Diese ist für jeden genannten Nahrungsbestandteil individuell verschieden und hängt von zahlreichen Faktoren ab wie Alter, Geschlecht, Gesundheitszustand, Umgebungstemperatur, Arbeitsbelastung etc. (Ganong [20], Geigy [21]).

2.1.1. Energielieferanten

Energielieferanten sind Kohlenhydrate, Eiweisse und Fette. Zur Erhaltung der vitalen Funktionen benötigt ein Erwachsener ca. 1700 kcal/Tag; die zusätzlichen Aktivitäten erfordern zwischen 500 und 3000 kcal/Tag. Der Anteil der Kohlenhydrate an den Gesamtkalorien beträgt normalerweise 50 - 60 %, die Proteine liefern ca. 10 %, der Rest wird durch Fette gedeckt. Doch hängen diese Zahlen ab vom persönlichen Geschmack, Klima und nicht zuletzt auch von den finanziellen Möglichkeiten.

Kohlenhydrate: 4,1 kcal/gr
Bedarf: 60 % der Gesamtkalorien

Eiweisse: 4,1 kcal/gr
Bedarf: 1 gr/kg Körpergewicht ≈ 10 % der Gesamtkalorien
essentielle Aminosäuren: ausreichend vorhanden, wenn 1/2 bis 2/3 des Bedarfs durch tierisches hochwertiges Eiweiss gedeckt wird

Fette: 9,3 kcal/gr
Bedarf: 1 gr/kg Körpergewicht ≈ 30 % der Gesamtkalorien
essentielle Fettsäuren: ausreichend vorhanden, wenn 1/3 des Bedarfs durch pflanzliches Fett gedeckt wird

2.1.2. Mineralstoffe

Eisen, Calcium, Kupfer, Jod, Magnesium, Mangan, Kobalt, Brom, Zink, etc. müssen in ausreichender Menge in der Nahrung vorhanden sein, ansonsten Mangelerscheinungen auftreten. Erfüllt eine Diät jedoch alle übrigen Bedingungen, so enthält sie meistens auch ausreichend Spurenelemente. Allgemeingültige Richtlinien für die Mindestmengen bestehen vor allem für Calcium (0.63 mg/Tag), Eisen, Kupfer und Jod, welche in dieser Arbeit aber nicht berücksichtigt werden.
Natrium und Kalium sind ebenfalls stets ausreichend vorhanden. Sie müssen als einzige Mineralstoffe für die Reduktionskost (Na) und die Nierenschonkost (Na und K) nach oben begrenzt werden.

2.1.3. Cholesterin

Die Rolle des Cholesterins bei der Entstehung der Arteriosklerose und ihrer Folgekrankheiten (Infarkt, etc.) ist erwiesen. Es empfiehlt sich daher, die Zufuhr auf 350 mg/Tag zu beschränken.

2.1.4. Vitamine

Die Vitamine sind für den Stoffwechsel unerlässliche organische Nahrungsbestandteile. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen fettlöslichen (A, D, E, K) und wasserlöslichen (B-Komplexe, C)

Vitaminen.
Die meisten Vitamine sind in einer ausgeglichenen Nahrung ausreichend vorhanden. Hier wurden deshalb nur die wichtigsten berücksichtigt (A, B_1, B_2, C).
Es wurde mit den Angaben für den Tagesbedarf nach Ganong [20] gerechnet:

Vitamin A:	1,7 mg = 5000 IE
Vitamin B_1:	0,5 mg/1000 kcal
Vitamin B_2:	1,8 mg
Vitamin C:	75,0 mg

Die Werte von Geigy [21] und Wachtel [23] weichen von diesen hier zum Teil stark ab.

2.1.5. Faserstoffe (Ballaststoffe)

Es besteht keine streng definierte Minimalmenge, doch sollten, um eine gute Verdauung zu garantieren, 2 bis 3 gr nicht unterschritten werden.

2.2. Geschmacksrestriktionen

Wenn zur kostenminimierenden Bestimmung der Tagesnahrungsmenge sämtliche Nahrungsmittel in beliebiger Menge zugelassen werden, entstehen zwangsweise unsinnige Lösungen. So wird niemand 1 Pfund Rüben pro Tag essen, um sich damit sein Vitamin A zuzuführen. Genau so unsinnig wäre es auch, den Kohlenhydratbedarf mit 200 gr Reis und 100 gr Griess zu decken. Die einzelnen Nahrungsmittel mussten daher zu Gruppen zusammengefasst werden und sowohl einzeln als auch gemeinsam gewichtet und beschränkt werden.

2.2.1. Portionen

Als Masseinheit für jedes Nahrungsmittel wurden Portionen eingeführt, z.B.

1 Portion Milch	100 gr
1 Portion Teigwaren	100 gr
1 Portion Bündnerfleisch	50 gr
1 Portion Brathuhn	150 gr
1 Portion Zucker	25 gr

Eine vollständige Zusammenstellung findet sich in Tabelle A-1 (Anhang).

2.2.2. Schranken

Die Schranken geben die obere Tagesmenge der einzelnen Nahrungsmittel an, z.B.

Milch	max. 3 Portionen/Tag
Teigwaren	max. 1 Portion /Tag
Bündnerfleisch	max. 1 Portion /Tag
Zucker	max. 2 Portionen/Tag

Die Werte sämtlicher Nahrungsmittel sind in Tabelle A-1 (Anhang) Kolonne 9 aufgeführt.

2.2.3. Bedarfsbereiche

Sehr ähnliche Nahrungsmittel wurden zu Gruppen zusammengefasst, z.B. Gruppe Milch (Vollmilch, Magermilch, Kondensmilch,etc.), Gruppe Fleisch, Gruppe Gemüse, etc.
Unter Bedarfsbereich versteht man nun die Spanne zwischen unterstem und oberstem Wert der Summe der Portionen aller Lebensmittel der gleichen Gruppe, z.B.

Gruppe Milch :	3 - 5 Portionen/Tag
Gruppe Fleisch:	1 - 2 Portionen/Tag
Gruppe Gemüse :	1 - 2 Portionen/Tag

Eine vollständige Liste der Gruppen und ihrer zulässigen Bedarfsbereiche findet sich in der Tabelle A-2b (Anhang). Die Zugehörigkeit der einzelnen Nahrungsmittel zu diesen Gruppen ist in der Tabelle A-1 (Anhang), Kolonne 10, ersichtlich.

2.3. Die Diäten

Eine Diät zeichnet sich gegenüber der Normalkost durch eine veränderte Zusammensetzung der Hauptnahrungsbestandteile (Kohlenhydrate, Proteine, Fette, Mineral- und Faserstoffe) und/oder durch veränderten Nährwert (kcal) aus. Die Diäten können in 5 Hauptgruppen eingeteilt werden:

Vollkost:	biologisch vollwertige Kost ohne Einschränkung des Salz- und Gewürzgehaltes
Leichte Kost:	leicht verdauliche Kost durch Reduktion von Ballaststoffen, spezielle Zubereitungsarten, meist nach Operationen angewandt
Magenschonkost:	flüssig - breiig, leicht verdauliche Kohlenhydrate, ohne scharfe Gewürze, Reduktion von Fetten und Proteinen
Reduktionskost:	fett- und kohlenhydratarme, hingegen voluminöse Obst- und Gemüsekost (viel Ballaststoffe) mit Beschränkung des Natriumgehaltes
Nierenschonkost:	starke Einschränkung des Natriumgehaltes, Ausschaltung des tierischen Proteins und Einschränkung des pflanzlichen Proteins

Es gibt nun drei verschiedene Möglichkeiten, um für eine bestimmte Diät Richtlinien aufzustellen:

a) man definiert die erlaubten Nahrungsmittel und schliesst den Rest aus

b) man verbietet einige Nahrungsmittel und erlaubt alle restlichen

c) man erlaubt grundsätzlich alle Nahrungsmittel und gibt lediglich mengenmässig Restriktionen in der Zusammensetzung an

Die Methode c) ist die modernste und soll deshalb hier verwendet werden. Dabei ist zu bemerken, dass z.B. für eine Nierenschonkost mit der Restriktion animalisches Protein =0 automatisch

sämtliches Fleisch und sämtliche Milchprodukte ausgeschlossen werden. Für die meisten Fälle ist also die Methode b) durch die Methode c) abgedeckt.

Die genaue und vollständige Zusammensetzung der einzelnen Diäten ist aus der Tabelle A-2a (Anhang) ersichtlich. Dabei ist zu bemerken, dass die Vollkost und die leichte Kost zusammengefasst wurden, da sie sich lediglich in den Zubereitungsarten unterscheiden. Hingegen wurde die Mastkost, eine Abart der Vollkost, aufgenommen. Dies lediglich, um das Modell zu testen.

Die Werte der Tabelle 2-1, Kolonne 5, entsprechen den Bedürfnissen eines 70 kg schweren Mannes im Alter von 40 Jahren bei sitzender Tätigkeit.

Nr der Restr.	Art der Restriktion	Einheit	Abkürzung	Wert der Restr.
1	Protein gesamt	gr	PGES	$\geq$ 70
2	Protein animalisch	gr	PANI	$\geq$ 35
3	Fett gesamt	gr	FGES	$\geq$ 70
4	Fett animalisch	gr	FANI	$\geq$ 50
5	Kohlenhydrate gesamt	gr	KGES	$\geq$ 405
6	Faserstoffe	gr	KFAS	$\geq$ 2
7	Natrium	mg	NATR	$\leq$ 5000
8	Kalium	mg	KALI	-
9	Calcium	mg	CALC	$\geq$ 630
10	Cholesterin	mg	CHOL	$\leq$ 350
11	Kcalorien	kcal	KCAL	$\geq$ 2500
12	Vitamin A	mg	VITA	$\geq$ 1.7
13	Vitamin C	mg	VITC	$\geq$ 75
14	Vitamin B_1	mg	VIB1	$\geq$ 1.3
15	Vitamin B_2	mg	VIB2	$\geq$ 1.8

Tabelle 2-1: Restriktionswerte für Vollkost / leichte Kost

Der Kalorienwert wird folgendermassen berechnet [20]:

Verbrauch:		Zufuhr:		
Grundumsatz	1700 kcal	Proteine gesamt	70 gr	287 kcal
Leistung	900 kcal	Fette gesamt	70 gr	651 kcal
	2600 kcal	Kohlenhydrate	405 gr	1660 kcal
				2598 kcal

Da die Kalorienrestriktion für viele Diäten unerlässlich ist,

musste sie, obschon für die Normalkost redundant, aus programmtechnischen Gründen aufgenommen werden. Für die Vollkost/leichte Kost und die Magenschonkost wurde der Wert auf runde 2500 kcal festgelegt.

Für alle Diäten sind die zulässigen Bedarfsbereiche der einzelnen Lebensmittelgruppen durch die physiologischen Restriktionen weithin gegeben und im Detail aus der Tabelle A-2b (Anhang) ersichtlich.

3. DIE ZUSAMMENSETZUNG DER NAHRUNGSMITTEL UND IHRE SCHWANKUNG

3.1. Theorie

Die Zusammensetzung eines Nahrungsmittels ist keine Konstante. Sie schwankt innerhalb des gleichen Nahrungsmittels von Sorte zu Sorte. Für ein gegebenes Produkt hängt der Gehalt an Nährstoffen zudem noch von der Behandlung ab (Lagerung, Zubereitung). Für eine approximative Ermittlung der Diät ist es sicher genügend, für jedes Nahrungsmittel eine mittlere Zusammensetzung anzunehmen. Eine genaue Berechnung erfordert aber eine Berücksichtigung der Schwankungen, welche nur möglich und sinnvoll ist, wenn die Abweichungen vom Mittelwert nicht zufällig sind.

3.1.1. Die Nicht-Vitamine

Die Nicht-Vitamine (Kohlenhydrate, Proteine, Fette, Cholesterin und Mineralstoffe) sind, unabhängig von der Sorte, sehr beständige Anteile eines Nahrungsmittels. Sie verändern sich durch Lagerung und Zubereitung weder qualitativ noch quantitativ. Ihr Gehalt hängt deshalb einzig vom Wassergehalt des Nahrungsmittels ab, welcher eine Funktion der Faktoren Klima, Witterung, Bodenbeschaffenheit, etc. ist. Diese Einflüsse sind zufällig.

3.1.2. Die Vitamine

Der Gehalt an Vitaminen eines Nahrungsmittels schwankt beträchtlich je nach Lagerung und Zubereitungsart, da die Vitamine durch Wärme, Licht und Sauerstoff zerstört oder oxydiert werden. Auch von Sorte zu Sorte können grosse Abweichungen festgestellt werden.

Die Angaben in Tabelle 3-1 über die Empfindlichkeit der Vitamine A, B_1, B_2 und C wurden aus Geigy [21] und Schormüller [31] entnommen.

Vitamin	hitzelabil	leicht oxydierbar	empfindlich Licht	empfindlich Lagerung
A	+ falls in O_2 - falls ohne	+	+	+
B_1	+			-
B_2	-	-	+	-
C		+	+	+

Tabelle 3-1: Empfindlichkeit der Vitamine
+ grosser Einfluss
- kein Einfluss

Die Vitamine A und C sowie B_1 und B_2 zeigen ähnliche Verhaltensweisen und können daher zusammengefasst werden.

3.1.2.1. Die Vitamine A und C

Die Vitamine A und C zeichnen sich aus durch grosse Licht- und Sauerstoffempfindlichkeit. Sie ertragen also die Lagerung äusserst schlecht. Demzufolge sind die jahreszeitlichen Schwankungen gross.
Als Illustration für die schlechte Lagerungsfähigkeit von Vitamin C sei als Beispiel die Kartoffel genommen (Abbildung 3-2). Man sieht deutlich, dass innerhalb von 2 Monaten, nämlich von September bis November, der Gehalt an Vitamin C um die Hälfte absinkt. Im Frühling beträgt er dann noch etwa 1/3 des Anfangswertes. Einen ähnlichen Kurvenverlauf erhält man für Erbsen [31, Abb. 12] und Spinat [31, Abb. 95].

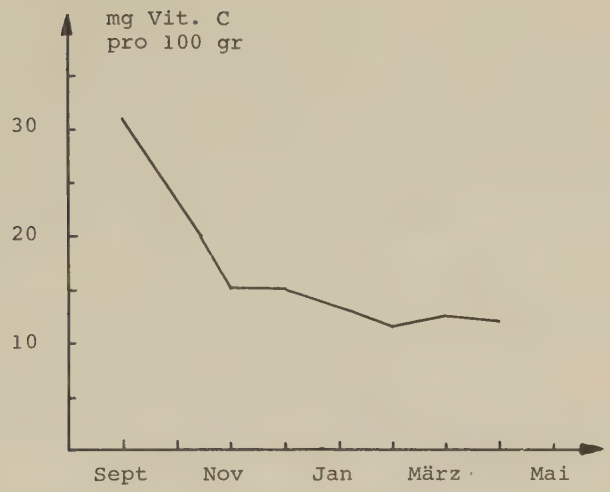

Abbildung 3-2: Vitamin C-Gehalt der Kartoffel im Jahresablauf (Schormüller [31,Abb. 94])

Schuphan stellt die Vitaminversorgung der Vitamine A und C im Jahresablauf dar (Abb. 3-3). Von Dezember bis Mai ist sie eindeutig ungenügend, während zwischen Mai und Dezember, also in der Periode der Frischprodukte, die Versorgung ausreichend ist.

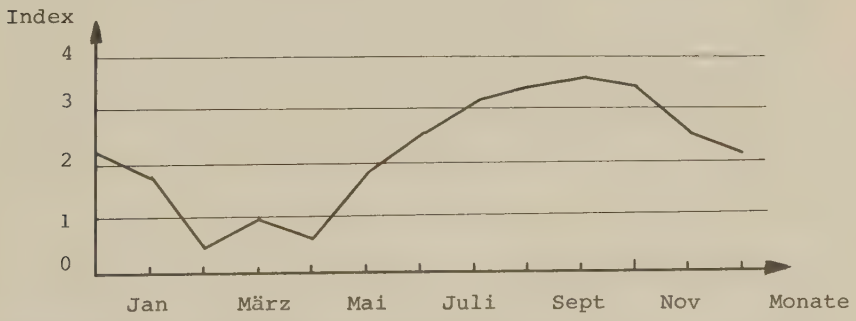

Abbildung 3-3: Vitaminversogung der Vitamine A und C im Jahresablauf ([32, Abb. 18])

Index: 0 kein Vitamingehalt
1 wenig Vitamingehalt
2 ausreichender Vit.-g.
3 reicher Vitamingehalt

Als einziges Vitamin weist Vitamin C auch noch grosse Schwankungen innerhalb des selben Nahrungsmittels auf. Schuphan erwähnt eine Untersuchung, nach der für verschiedene Apfelsorten der Vitamin C-Gehalt zwischen 31.8 mg/100 gr für die Sorte "Weisser Winterkalvill" (9 Untersuchungen) und 2.3 mg/100 gr für die Sorte "Oehringer Blutstreifling" (1 Untersuchung) liegen kann. Diese Werte sind allerdings Einzelfälle. Hingegen wurden zwei umfangreiche Tests gemacht für andere Sorten:

- "Ontario" 1260 Untersuchungen:
  durchschnittlicher Vitamin C-Gehalt 20.6 mg/100 gr
- "Geheimrat Oldenburg" 2806 Untersuchungen:
  durchschnittlicher Vitamin C-Gehalt 3.1 mg/100 gr

In Souci et al. [33] werden folgende Angaben gemacht:

- Apfel, grosse Schwankungen von Sorte zu Sorte
  Mittelwert: 12 mg/100 gr
  Schwankungsbreite: 3 - 25 mg/100 gr

Diese Angaben zeigen, mit welcher Vorsicht Tabellenwerte für das Vitamin C interpretiert werden müssen.

3.1.2.2. Die Vitamine B_1 und B_2

Die Vitamine B_1 und B_2 sind unempfindlich gegen Lagerung und weisen somit keine jahreszeitlichen Schwankungen auf.
Das Vitamin B_1 ist einzig durch längerdauernde Hitzeeinwirkung zu zerstören, während das Vitamin B_2 lichtempfindlich ist. Diese Eigenschaften unterscheiden diese beiden Vitamine von den Nicht-Vitaminen.

3.1.3. Schlussfolgerungen

Es scheint sinnvoll zu sein, die Nährstoffe, entsprechend ihrem Verhalten, in drei Gruppen aufzuteilen:

Gruppe 1: Kohlenhydrate, Proteine, Fette, Mineralstoffe
zufällige Schwankungen

Gruppe 2: Vitamine A und C
jahreszeitliche Schwankungen, andere Eigenschaften als die Nicht-Vitamine und die Vitamine B_1 und B_2

Gruppe 3: Vitamine B_1 und B_2
zufällige Schwankungen, andere Eigenschaften als die Nicht-Vitamine und die Vitamine A und C

Wie diese Gruppenbildung weiter verwendet wird, ist in Kapitel 5 aufgeführt.

3.2. Das verwendete Zahlenmaterial

3.2.1. Variablen und technische Koeffizienten

Die Tabelle von Souci, Fachmann und Kraut [33] gilt als Standardwerk für die Zusammensetzung der häufigsten Nahrungsmittel Europas. Sie umfasst zur Zeit 603 Variablen. Die Nährstoffzusammensetzung wird in Mittelwerten und dazugehöriger Schwankungsbreite angegeben. Nach Bosch [30] und Souci et al. sind diese Werte folgendermassen bestimmt worden: für die meisten Nahrungsmittel wurde aus sämtlichen verfügbaren Werten aus der Literatur das arithmetische Mittel gebildet. Die oberen und unteren Werte der Schwankungsbreite sind die höchsten und niedrigsten Extremwerte, die bekannt sind. Von einzelnen Nahrungsmitteln standen einige hundert analytisch bestimmte Messwerte zur Verfügung. Für diese wurde ebenfalls das arithmetische Mittel m gebildet, sowie die Standardabweichung σ. Angenommen wurde eine Normalverteilung. Die Schwankungsbreite ist für diese wenigen Fälle als $m \pm \sigma$ definiert.
Für die vorliegende Arbeit wurden aus den 603 Variablen deren 219 ausgewählt. Für jede dieser Variablen wurden je drei Werte für die 14 Nährstoffe auf Lochkarten abgelocht. Als Beispiel sei hier die Vollmilch genommen (Tabelle 3-4):

Restriktion	Einheit pro 100 gr	Abk.	untere Werte	mittlere Werte	obere Werte
Protein gesamt	gr	PGES	3.08	3.33	3.70
Protein animal.	gr	PANI	3.08	3.33	3.70
Fett gesamt	gr	FGES	3.60	3.78	3.88
Fett animalisch	gr	FANI	3.60	3.78	3.88
Kohlehydrate	gr	KGES	4.50	4.65	4.92
Faserstoffe	gr	KFAS	.0	.0	.0
Natrium	mg	NATR	40.00	48.00	58.00
Kalium	mg	KALI	144.00	157.00	178.00
Calcium	mg	CALC	107.00	120.00	133.00
Cholesterin	mg	CHOL	10.00	12.30	14.80
Kcalorien	kcal	KCAL	64.60	68.10	71.40
Vitamin A	mg	VITA	.027	.48	.56
Vitamin C	mg	VITC	1.00	1.70	2.40
Vitamin B_1	mg	VIB1	.03	.37	.55
Vitamin B_2	mg	VIB2	.14	.18	.22

Tabelle 3-4: Auszug aus Souci et al. [33] für Vollmilch

Für die technischen Koeffizienten sind also 14 • 3 • 219 = 9198 Werte abgelocht worden.

3.2.2. Preise

Als Preise für die verwendeten 219 Variablen wurden sowohl die Grosshandels- als auch die Detailhandelspreise gebraucht. Die Grosshandelspreise wurden, soweit vorhanden, der Zeitschrift "Die Volkswirtschaft" [34] entnommen. Die restlichen, unveröffentlichten Zahlen wurden vom BIGA zur Verfügung gestellt. Es handelt sich dabei um mittlere beobachtete Werte in den fünf grössten Schweizer Städten in der Zeitperiode von Januar bis April 1976.
Die Detailhandelspreise entsprechen den Mittelwerten der beobachteten Preise aus 41 Schweizer Städten im Zeitraum von Januar bis Mai 1976. Sie wurden von der Preiskontrollstelle des Eidgenössischen Volkswirtschaftsdepartementes zur Verfügung gestellt [35].

4. DAS DETERMINISTISCHE LINEARE MODELL

4.1. Zielsetzung / Voraussetzungen

Ein Diätassistent, der die Aufgabe hat, Tagesmenüs zusammenzustellen, geht von der Voraussetzung aus, dass alle verwendeten Grössen konstant sind: Preise, Zusammensetzung der Nahrungsmittel, Anforderungen an Nährstoffen. In diesem Kapitel soll nun die Menüzusammenstellung mit einem deterministischen linearen Programm für verschiedene Diäten nachvollzogen werden. Anhand des Resultates wird dann nachgeprüft, ob alle Anforderungen noch erfüllt sind unter der Annahme, dass die Zusammensetzung der Nahrungsmittel gewissen Schwankungen unterworfen ist.

Da die Menüplanung langfristig erfolgt, werden für die Preise der 219 verwendeten Nahrungsmittel die Grosshandelspreise verwendet, die auf einen bestimmten Termin hin fixiert werden können. Für die Anteile der Nährstoffe der Nahrungsmittel (= technische Koeffizienten) werden die Mittelwerte genommen. Die Anforderungen an Nährstoffen sollen einen normalen Tagesbedarf einer erwachsenen Person decken (Vollkost).

4.2. Die Optimierungsaufgabe

Das Linearprogramm kann wie folgt formuliert werden:

$$\min \sum_{j=1}^{219} c_j x_j$$

$$a_{ij} x_j \geq b_i^1 \qquad i=1,..,15$$

$$r_{ij} x_j \geq b_i^2 \qquad i=16,..,38$$

$$x_j \leq b_j^3 \qquad \forall\, j$$

$$x_j \geq 0 \qquad \forall\, j$$

wobei

x_j , j=1,219 die Menge der Nahrungsmittel j in Portionen

c_j , j=1,219 die Preise der Nahrungsmittel j in Rappen / Portion (s. Tab. A-1)

a_{ij}, i=1,15 , j=1,219 die Anteile an Nährstoffen i der Nahrungsmittel j in gr, bzw. mg/Portion

r_{ij}, i=16,38, j=1,219 die Koeffizienten, die die Zugehörigkeit der Nahrungsmittel j zu den Bedarfsbereichen i definieren mit

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{falls Nahrungsmittel}_2 j \text{ im Bedarfsbereich und } b_i^2 \geq 0 \\ -1 & \text{falls Nahrungsmittel}_2 j \text{ im Bedarfsbereich und } b_i^2 < 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

b_i^1 , i=1,15 die geforderten Mengen der Nährstoffe i in gr, bzw. mg (Tab. A-2a)

b_i^2 , i=16,38 die oberen, bzw. unteren Werte der Bedarfsbereiche in Portionen (Tab. A-2b)

b_j^3 , j=1,219 die Schranken der Nahrungsmittel j in Portionen (Tab. A-1)

bedeuten.

Das Resultat dieser Optimierung mit dem Standardprogramm LINOPT (*) ist in der Tabelle 4-1 dargestellt.

Nahrungsmittel	Anzahl Portionen	Menge in gr	Preis in Rappen
Magermilch	2.196	219.6	10.98
Kondensmagermilch	.804	8.0	2.89
Schweinsleber	.089	13.4	6.94
Suppenwürfel	.922	4.6	.37
Cervelat	.910	91.0	41.86
Reis, unpoliert	1.000	100.0	11.00
Buchweizenvollmehl	.786	78.6	5.50
Buchweizenmehl	.213	21.3	1.70
Roggenvollkornbrot	3.000	150.0	21.00
Eierteigwaren	.724	72.4	8.69
Zwiebel	.363	3.6	.54
Grünkohl	.636	63.6	3.82
Apfelmus, in Dosen	1.000	100.0	9.00
Zucker	2.000	50.0	6.50
Rohzucker	2.000	50.0	5.00

Tabelle 4-1: Resultat der Vollkostoptimierung

In diesem Zusammenhang interessiert nun weniger, ob diese Zusammenstellung "essbar" ist - eine bessere Lösung könnte ohne weiteres mit einer Verfeinerung der Schranken und Bedarfsbereiche (s. Kap. 2) erreicht werden - sondern ob mit dieser Zusammenstellung die Restriktionen stark verletzt werden, falls nicht mit den Mittelwerten der technischen Koeffizienten a_{ij} gerechnet wird.

4.3. Die Nachkontrolle

Führt man nun eine Nachkontrolle durch, indem man die Variablen aus obiger Lösung mit den schlechtesten Werten der technischen Koeffizienten multipliziert, so erhält man folgendes

(*) Das Standardprogramm LINOPT wurde für diese Arbeit unentgeltlich zur Verfügung gestellt von der FIDES - Treuhand-Gesellschaft Zürich

Resultat (Tabelle 4-2):

Nr.	Abk.	theor. Wert	Resultat in gr/mg/kcal	Abw. in %	Abweichung bei Nachrechnung mit schlechtesten Werten in gr/mg/kcal	in %
1	PGES	≥ 70.0	76.136	+ 8.8	68.206	- 2.6
2	PANI	≥ 35.0	35.000	.0	28.573	- 18.4
3	FGES	≥ 70.0	70.000	.0	55.141	- 21.2
4	FANI	≥ 50.0	60.917	+ 21.8	47.914	- 4.2
5	KGES	≥ 405.0	405.000	.0	399.366	- 1.4
6	KFAS	≥ 2.0	6.997	+ 249.9	6.576	+ 228.8
7	NATR	≤ 5000.0	3221.133	- 35.6	4011.742	- 19.8
8	KALI	≥ .0	2498.976	.-	2105.563	.-
9	CALC	≥ 630.0	630.000	.0	452.806	- 28.1
10	CHOL	≤ 350.0	6.587	- 98.1	7.024	- 98.0
11	KCAL	≥ 2500.0	2623.660	+ 4.9	2429.852	- 2.8
12	VITA	≥ 1.7	3.620	+ 112.9	1.425	- 16.2
13	VITC	≥ 75.0	75.000	.0	42.653	- 43.1
14	VIB1	≥ 1.3	1.697	+ 30.5	1.386	+ 6.6
15	VIB2	≥ 1.8	1.800	.0	1.633	- 9.3

Tabelle 4-2: Abweichungen von den theoretischen Restriktionswerten für die Vollkost bei Nachrechnung mit schlechtesten Werten der technischen Koeffizienten

Ausser den Restriktionen 6 (Faserstoffe), 7 (Natrium), 8 (Kalium), 10 (Cholesterin) und 14 (Vitamin B_1) sind bei einer Nachkontrolle mit den schlechtesten Werten alle mehr oder weniger verletzt.

Zu beachten sind vor allem folgende Unterschreitungen:

Nr. 2 Protein animalisch - 18.4 %
Nr. 3 Fett gesamt - 21.2 %
Nr. 9 Calcium - 28.1 %
Nr. 12 Vitamin A - 16.2 %
Nr. 13 Vitamin C - 43.1 %
Nr. 15 Vitamin B_2 - 9.3 %

Nach den Ausführungen im Kapitel 3 ist es nicht erstaunlich, dass gerade das Vitamin C in grossem Ausmasse betroffen ist.

Würden nun diese beträchtlichen Unterschreitungen der verlangten Tagesmengen nur sporadisch auftauchen, könnte man sie vernachlässigen. Kommt es hingegen häufiger vor, so müsste man diese Restriktionen anpassen.
Es soll nun untersucht werden, wie sich diese Werte verhalten, wenn mehrere Optimierungen in einer Folge vorgenommen werden, also für mehrere Tage hintereinander.

4.4. Folgeoptimierungen

Um zu verhindern, dass jeden Tag die gleiche Menüzusammenstellung erscheint, müssen Nahrungsmittel, die in der Lösung der aktuellen Optimierung sind, für die Folgeoptimierungen mit Strafkosten belegt werden. Damit diese aber nicht für sämtliche weiteren Optimierungen bestehen bleiben, sondern nach jeder weiteren Folgeoptimierung teilweise abgebaut werden, sind die sogenannten Wiederholungsfaktoren eingebaut worden.
Jedem Nahrungsmittel werden zwei Wiederholungsfaktoren WF1 und WF2 zugeordnet (s. Tabelle A-1, Anhang). Es sind dies Zahlen zwischen 1 und 10. Erscheint nun ein Nahrungsmittel in der aktuellen Optimierung in der Lösung, so wird sein Preis vor der ersten Folgeoptimierung mit dem WF1 multipliziert. Anschliessend wird der WF1 für jede weitere Folgeoptimierung um 1 vermindert. Dies wird so lange fortgeführt, bis er wieder 1 erreicht hat. Damit nun aber der WF1 nicht linear abgebaut werden muss, sondern während einer gewissen Zeit auf seiner ursprünglichen Grösse bleiben kann, ist der WF2 eingeführt worden. Dieser besagt, während wieviel Folgeoptimierungen der WF1 auf seiner ursprünglichen Höhe bleiben soll. Dazu ein Beispiel: seien WF1 = 4 und WF2 = 3. Die Preisentwicklung sieht dann in der Reihenfolge der Optimierungen so aus: c,4c,4c,4c,3c,2c,c,c,...
Unterschiedliche Präferenzen können damit durch andere Gewichtung der Variablen mit diesen Wiederholungsfaktoren berücksichtigt werden.

Es wurde nun eine Folge von 8 Optimierungen durchgeführt. Eine Nachkontrolle mit schlechtesten Werten soll zeigen, ob sich die Restriktionsverletzungen mit der Zeit ausgleichen. Für die wichtigsten Restriktionen ist das Resultat in der Tabelle 4-3 dargestellt. Die angegebenen Zahlen bedeuten Abweichungen in %.

Nr. der Opt	PGES	FGES	KGES	VITA	VITC	VIB1	VIB2
1	- 2.6	- 21.2	- 1.4	- 16.2	- 43.1	+ 6.6	- 9.3
2	- 3.4	- 13.6	- 1.3	- 21.4	- 43.8	- 26.9	- 17.5
3	+ 11.8	- 5.5	- 4.7	- 53.2	- 39.8	+ 8.2	- 19.5
4	+ 12.8	- 13.3	- .9	- 22.9	- 33.9	+ 9.0	- 20.7
5	+ 10.5	- 5.0	- 1.9	- 31.5	- 39.1	- 3.0	- 13.6
6	- 9.5	- 21.0	- 2.6	- 52.4	- 44.4	+ 4.5	- 15.6
7	+ 3.9	- 13.5	- .5	- 26.3	- 35.0	- 13.2	- 13.7
8	+ 36.5	- 4.4	- 2.3	- 15.3	- 40.4	- 29.8	- 15.7
Ø	+ 7.5	- 12.2	- 2.0	- 30.0	- 40.0	- 6.0	- 15.7

Tabelle 4-3: Restriktionsverletzungen in % beim Nachrechnen mit schlechtesten Werten bei 8 Folgeoptimierungen (eine vollständige Zusammenstellung für alle Restriktionen ist in Tabelle A-3, Anhang, zu finden)

Die durchschnittlichen Verletzungen der Restriktionen für Fette und Kohlenhydrate sind ohne weiteres zu tolerieren. Für die Vitamine, vor allem die Vitamine A und C, ist die Sache schon kritischer. Eine längerdauernde Unterschreitung der verlangten Tagesmengen muss zu Mangelerscheinungen führen.

4.5. Die "fat solution"

Um nun mögliche Restriktionsverletzungen zu umgehen, schlägt Madansky [43] seine "fat solution" vor. Unter der Annahme, dass nur die pessimistischsten Werte eintreffen, erhält er eine Lösung, die alle Restriktionen erfüllt, unabhängig von den Schwankungen der technischen Koeffizienten.

Die "fat solution" wurde für die Vollkost durchgerechnet. In der Tabelle 4-4 ist das Resultat dargestellt.

Nahrungsmittel	Anzahl Portionen	Menge in gr	Preis in Rappen
Trinkmilch	3.000	300.0	18.00
Magermilch	.481	48.1	2.41
Sonnenblumenöl	.290	2.9	.99
Schweinsleber	.075	11.3	5.85
Fleischextrakt	.851	4.3	.38
Suppenwürfel	1.000	5.0	.40
Cervelat	.924	92.4	42.50
Reis, unpoliert	1.000	100.0	11.00
Buchweizenvollmehl	1.000	100.0	7.00
Roggenvollkornbrot	3.000	150.0	21.00
Eierteigwaren	.804	80.4	9.65
Broccoli	.077	7.7	1.31
Grünkohl	1.000	100.0	6.00
Apfelmus, in Dosen	1.000	100.0	9.00
Zucker	2.000	50.0	6.50
Rohzucker	2.000	50.0	5.00

Tabelle 4-4: "fat solution", Resultat der Optimierung der Vollkost

Die Restriktionen sind nun in jedem Fall alle erfüllt, eine Mangelernährung, wie sie aus der Tabelle 4-3 für die Vitamine A und C (durchschnittliche Unterschreitungen der Restriktionen um 30 bzw. 40 %) vorausgesagt werden könnte, wird somit verhindert.

4.6. Optimierungen der verschiedenen Diäten

Um das Linearprogramm aus Kapitel 4.2. zu testen, wurden die verschiedenen Diäten durchgerechnet (s. Kapitel 2.3.). Für die b_i^1 und b_i^2 der rechten Seiten wurden die Werte aus den Tabellen A-2a und A-2b (Anhang) eingesetzt.

4.6.1. Mastkost

Die Mastkost ist eine hochkalorische, fett- und kohlehydratreiche Kost, abgewandelt aus der leichten Kost. Die Restriktionswerte für Protein, Fett und Kohlenhydrate sind im Vergleich zur leichten Kost stark erhöht.
In der Tabelle A-4 (Anhang) sind die Restriktionsverletzungen beim Nachrechnen mit schlechtesten Werten für 8 Folgeoptimierungen dargestellt. Man sieht, dass für die folgenden Restriktionen die durchschnittlichen Abweichungen kritisch sind:

FGES	- 7.5 %	VITA	- 4.9 %	VITC	- 39.5 %

Für alle anderen Nährstoffe sind keine Verletzungen vorhanden.

4.6.2. Magenschonkost

Die Magenschonkost unterscheidet sich von der Vollkost nebst der Zubereitungsart durch Reduktion von Proteinen und Fetten. Wie das Resultat in Tabelle A-5 (Anhang) zeigt, hat dies sofort einen Einfluss auf die Restriktionsverletzungen der Vitamine im Vergleich zur Mastkost:

FGES	- 9.2 %	VITA	- 40.9 %	VIB1	- 23.3 %
KGES	- 1.5 %	VITC	- 34.4 %	VIB2	- 8.2 %

4.6.3. Reduktionskost

Bei dieser Diät sind nicht nur die Werte für Fette, Kohlenhydrate und Natrium reduziert, sondern sie sollten beim Nachrechnen mit schlechtesten Werten, in diesem Fall mit den oberen Werten, nicht überschritten werden. Aus der Tabelle A-6 ist ersichtlich, dass folgende Restriktionen verletzt werden:

PGES	- 12.5 %	KGES	+ 3.0 %	VITC	- 23.9 %
PANI	- 2.1 %	KFAS	- 16.4 %	VIB1	- 25.2 %
FGES	+ 7.2 %	NATR	+ 15.9 %	VIB2	- 13.2 %

4.6.4. Nierenschonkost

Durch das Ausschalten der tierischen Produkte mussten die Restriktionswerte für Calcium, Vitamine B_1 und B_2 gesenkt werden, andernfalls der zulässige Bereich leer würde. Beim Nachrechnen mit schlechtesten Werten zeigte sich dann auch, dass gerade diese Restriktionen sehr stark verletzt werden (Tabelle A-7, Anhang):

PGES	+ 8.6 %	KALI	+ 11.4 %	VITC	- 34.7 %
FGES	+ 3.0 %	CALC	- 26.7 %	VIB1	- 30.1 %
KGES	+ 4.3 %	VITA	- 2.7 %	VIB2	- 31.4 %

4.7. Schlussfolgerungen

Aus den Resultaten der Optimierungen dieses Kapitels geht eindeutig hervor, dass Mangelernährung an bestimmten Nährstoffen auftritt, wenn über eine längere Zeitperiode hinweg nur die Mittelwerte verwendet werden. Dies trifft vor allem zu für die Vitamine A, C und B_2. Mit Hilfe des Modelles von Madansky kann diese Mangelernährung verhindert werden, indem nur mit den schlechtesten Werten gerechnet wird. Ist nun aber dieses Modell sinnvoll? Diese Frage muss mit nein beantwortet werden, denn wie im Kapitel 3 gezeigt wurde, handelt es sich bei den Schwankungen in der Zusammensetzung der Nahrungsmittel für die Vitamine A und C um jahreszeitliche Phänomene, also um erklärbare Vorgänge. Dies berücksichtigt Madansky nicht, sein Modell ist zu starr. Eine Möglichkeit, diese periodischen Veränderungen zu berücksichtigen, wird im Kapitel 5 aufgezeigt.

5. D A S S T O C H A S T I S C H E L I N E A R E M O D E L L

Um das Problem der nicht-konstanten Zusammensetzung der Nahrungsmittel unter Berücksichtigung der in Kapitel 3 festgestellten Eigenschaften zu lösen, soll im folgenden das Zweistufenprogramm eingeführt werden.

5.1. Formulierung des Zweistufenprogrammes

Gegeben sei ein Linearprogramm der Art:

$$(P1) \qquad \min \; c'x \quad \text{bez.} \quad Ax \geq b^1, \; Rx \geq b^2, \; x \geq 0$$

wobei c ein n_1-Vektor (Preisvektor)
b^1 ein m_1-Vektor (Nachfragevektor)
b^2 ein m_2-Vektor (Nachfragevektor)
x ein n_1-Vektor (Entscheidungsvektor)
A eine $(m_1 \times n_1)$-Matrix (techn. Koeffizienten)
R eine $(m_2 \times n_1)$-Matrix (techn. Koeffizienten)
bedeuten.

Sind diese Grössen konstant, so ist (P1) ohne weiteres mit Hilfe der linearen Programmierung lösbar. Stellen hingegen die Elemente der Matrix A Zufallsvariablen dar, so verliert die Problemstellung (P1) ihren Sinn, man muss sie anders formulieren: Bevor die Realisation der Zufallsvariablen bekannt ist, muss auf einer ersten Stufe ein Entscheidungsvektor $x^* \geq 0$ bestimmt werden, der die Restriktionen $Rx \geq b^2$ erfüllt. Für x^* wird nun nach der Realisation von A auf einer zweiten Stufe bestimmt, was

mit den Fehlbeträgen $b^1 - Ax^*$ zu geschehen hat. Mit dem Programm der zweiten Stufe, dem Notprogramm, können sie kompensiert werden:

$$(P2) \qquad \begin{array}{ll} \min & q'y \\ \text{bez.} & Wy \geq b^1 - Ax^* \\ & y \geq 0 \end{array}$$

wobei q ein n_2-Vektor (Kostenvektor)

y ein n_2-Vektor (Entscheidungsvektor der zweiten Stufe)

W eine $(m_1 \times n_2)$-Matrix (Koeffizientenmatrix)

bedeuten.

Für das vorliegende Diätproblem ergibt sich folgende Interpretation:

Nachdem langfristig ein Vektor x^* bestimmt wurde und damit ein Tagesmenü feststeht, müssen mögliche Restriktionsverletzungen, die nach der Realisation von A (Anteile der Nährstoffe der Nahrungsmittel) eintreten, kurzfristig mit anderen Nahrungsmitteln gedeckt werden. Da zu diesem Zeitpunkt die Grosshandelspreise (Vektor c) nicht mehr angewandt werden können, werden neue Kosten eingeführt (Vektor q), die Detailhandelspreise für die Nahrungsmittel der zweiten Stufe. Die Auswahl dieser Nahrungsmittel wird so begründet: man soll kurzfristig eine Zwischenmahlzeit zusammenstellen können, die reich an kritischen Nährstoffen ist (Proteine, Fette, Kohlenhydrate, Vitamine). Es wurden dafür folgende 5 Nahrungsmittel ausgewählt: Yoghurt, Kaffeerahm, Butter, Brot, Orangensaft.

Die Zusammensetzung dieser Nahrungsmittel kann als konstant angenommen werden. Für Yoghurt, Kaffeerahm, Butter und Brot bestehen Vorschriften über den Mindestgehalt an Nährstoffen, Orangensaft ist als Konserve erhältlich, deren Zusammensetzung

genau bestimmt werden kann. Die Elemente der Matrix W sind die Nährstoffanteile der Nahrungsmittel y.
Es scheint nun sinnvoll, den Erwartungswert der Gesamtkosten, die sich aus den Kosten c'x von (P1) und q'y von (P2) zusammensetzen, zu minimieren. Das Problem lautet also:

$$(P3) \qquad \min_{\substack{x \geq 0 \\ Rx \geq b^2}} E \{ c'x + (\min q'y \mid Wy \geq b^1 - Ax,\ y \geq 0) \}$$

Da dieses Programm in der allgemeinen Form für stetige Wahrscheinlichkeitsverteilungen nicht lösbar ist, soll angenommen werden, dass die Elemente der Matrix A eine diskrete Verteilung aufweisen.
In Kapitel 3 wurde gezeigt, dass es sinnvoll ist, die Nährstoffe in drei voneinander unabhängige Gruppen aufzuteilen (Nichtvitamine, Vitamine A + C, Vitamine B_1 + B_2). Unter der Annahme, dass die Nährstoffanteile der Nahrungsmittel in drei verschiedenen Werten auftreten (schlechteste, mittlere und beste Werte), so können diese drei Gruppen mit den drei verschiedenen Werten auf $3^3 = 27$ Arten kombiniert werden. Die dazugehörenden 27 Eintreffenswahrscheinlichkeiten entstehen durch Multiplikation der Eintreffenswahrscheinlichkeiten der drei verschiedenen Werte für die entsprechenden Gruppen.

In Komponentenform lässt sich also das Zweistufenprogramm oder stochastische Linearprogramm (SLP) wie folgt formulieren:

$$\min \left\{ \sum_{j=1}^{219} c_j x_j + \sum_{k_1=1}^{27} \sum_{k_2=1}^{5} p_{k_1} q'_{k_2} y_{k_2}^{k_1} \right\}$$

(SLP)

$$\sum_{j=1}^{219} a_{i_1 j}^{k_1} x_j + \sum_{k_2=1}^{5} w_{i_1 k_2} y_{k_2}^{k_1} \geq b_{i_1}^1 \quad \begin{cases} i_1=1,15 \\ k_1=1,27 \end{cases}$$

$$\sum_{j=1}^{219} r_{i_2 j} x_j \geq b_{i_2}^2 \qquad i_2=1,23$$

$$e_{i_3 j} x_j \leq b_{i_3}^3 \qquad i_3=1,219$$

$$x_j \geq 0$$

$$y_{k_2}^{k_1} \geq 0 \quad \begin{cases} k_2=1,5 \\ k_1=1,27 \end{cases}$$

Bedeutung der Koeffizienten:

c Vektor der Grosshandelspreise

q Vektor der Detailhandelspreise

p_{k_1} Eintreffenswahrscheinlichkeit der Elemente $a_{i_1 j}^{k_1}$ mit $p_{k_1} \geq 0$ und $\sum_{k_1=1}^{27} p_{k_1} = 1$

x_j Nahrungsmittel j des Programmes der ersten Stufe

$y_{k_2}^{k_1}$ zur Eintreffenswahrscheinlichkeit p_{k_1} gehörendes Nahrungsmittel k_2 des Notprogrammes

$a_{i_1 j}^{k_1}$ Anteil des Nährstoffes i_1 des Nahrungsmittels j der ersten Stufe mit der Eintreffenswahrscheinlichkeit p_{k_1}

$w_{i_1 k_2}$ Anteil des Nährstoffes i_1 des Nahrungsmittels k_2 der zweiten Stufe

$r_{i_2 j}$ Koeffizienten der Bedarfsbereiche, wobei

$$r_{i_2 j} = \begin{cases} 1 & \text{falls Nahrungsmittel } j \text{ im Bed.-ber. und } b^2_{i_2} \geq 0 \\ -1 & \text{falls Nahrungsmittel } j \text{ im Bed.-ber. und } b^2_{i_2} < 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

$e_{i_3 j}$ Koeffizienten der Schranken mit $e_{i_3 j} = \begin{cases} 0 & \text{falls } i_3 \neq j \\ 1 & \text{falls } i_3 = j \end{cases}$

b^1 Nachfragemengenvektor an Nährstoffen

b^2 Vektor des Bedarfsbereiches

b^3 Vektor der Schranke

5.2. Die Struktur des Zweistufenprogrammes

Die Optimierung dieses Zweistufenprogrammes wurde mit dem Standardprogramm OPHELIE II [50a, 50b] der Firma Control Data durchgeführt (*). Zuerst musste der Input aufbereitet werden. Infolge der speziellen Struktur der Koeffizientenmatrix konnte dies auf einfache Weise geschehen. In Abbildung 5-2 ist diese Struktur dargestellt. Die Blöcke A^{k_1}, k_1 =1,27 haben folgende Zusammensetzung: gemäss Kapitel 3 werden die Nahrungsmittel in drei Gruppen aufgeteilt, nämlich die Nicht-Vitamine, die Vitamine A + C und die Vitamine B_1 + B_2. Die Nährstoffe der Nahrungsmittel dieser drei Gruppen können jeweils drei verschiedene Werte annehmen: obere, mittlere und untere Werte. Diese drei Gruppen à drei Werte können nun in 27 verschiedenen Arten kombiniert werden, z.B. sind im Block A^1 alle unteren Werte, im Block A^{27} alle oberen Werte. Die Matrix W kommt 27 mal in der gleichen Form vor. Der Aufbau der Matrizen R und E sind oben in der Legende zum (SLP) erklärt, ebenso die Vektoren c, q, x, y^{k_1}, b^1, b^2, b^3, sowie die Wahrscheinlichkeiten p_{k_1}.

(*) OPHELIE II wurde für diese Arbeit von der FIDES - Treuhandgesellschaft in Zürich zur Verfügung gestellt

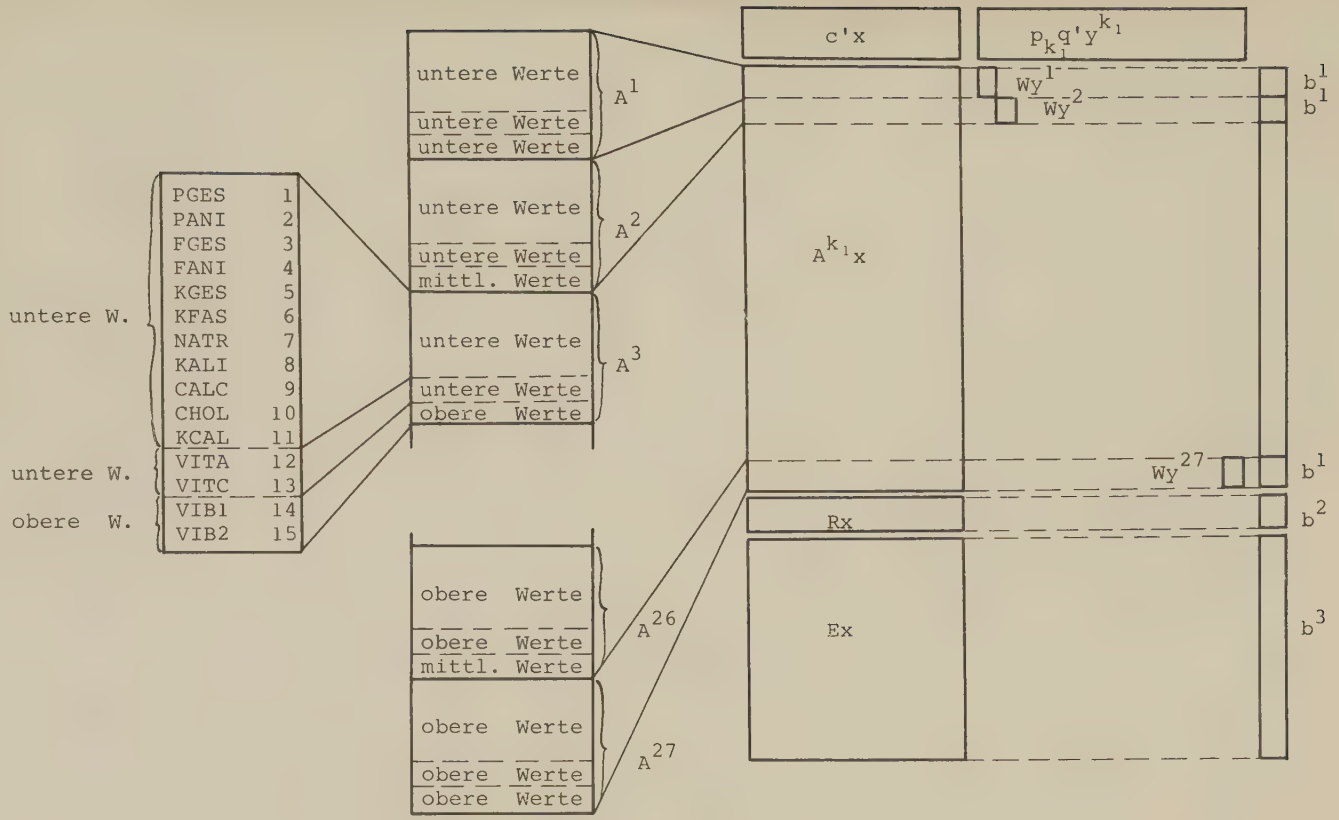

Abbildung 5-2: Die Struktur des stochastischen Linearprogrammes

5.3. Die verwendeten Daten

Nahrungsmittel j: für das Programm der ersten Stufe wurden die 219 Nahrungsmittel aus der Tabelle A-1 (Anhang) verwendet, sie sind mit j indiziert

k_2: für das Programm der zweiten Stufe sind folgende 5 Nahrungsmittel ausgewählt worden: 3 (Yoghurt), 9 (Kaffeerahm), 20 (Butter), 104 (Brot) und 203 (Orangensaft)

Preise c_j: entsprechen den Grosshandelspreisen der Nahrungsmittel der ersten Stufe (Tabelle A-1, Kolonne 4)

q_{k_2}: entsprechen den Detailhandelspreisen der Nahrungsmittel der zweiten Stufe (Tabelle A-1, Kolonne 5)

Nr.	Bezeichnung	Wert	
1	Milch	$\geqslant 3$	
2	Milch	$\leqslant 5$	$\geqslant -5$ *)
3	Yoghurt	$\leqslant 1$	$\geqslant -1$ *)
4	Rahm	$\leqslant 2$	$\geqslant -2$ *)
5	Käse	$\leqslant 1$	$\geqslant -1$ *)
6	Butter	$\leqslant 1$	$\geqslant -1$ *)
7	Oel	$\leqslant 2$	$\geqslant -1$ *)
8	Fleisch	$\geqslant 1$	
9	Fleisch	$\leqslant 2$	$\geqslant -2$ *)
10	Getreide	$\leqslant 1$	$\geqslant -1$ *)
11	Brot	$\geqslant 3$	
12	Brot	$\leqslant 6$	$\geqslant -6$ *)
13	Beilagen	$\geqslant 1$	
14	Beilagen	$\leqslant 2$	$\geqslant -2$ *)
15	Gemüse	$\geqslant 1$	
16	Gemüse	$\leqslant 2$	$\geqslant -2$ *)
17	Pilze	$\leqslant 1$	$\geqslant -1$ *)
18	Früchte	$\geqslant 1$	
19	Früchte	$\leqslant 2$	$\geqslant -2$ *)
20	Konfitüre	$\leqslant 1$	$\geqslant -1$ *)
21	Fruchtsäfte	$\leqslant 2$	$\geqslant -2$ *)
22	Zucker	$\leqslant 5$	$\geqslant -5$ *)
23	Eis	$\leqslant 1$	$\geqslant -1$ *)

Tabelle 5-1: Restriktionswerte der Bedarfsbereiche für Vollkost (aus Tabelle A-2b)

*) aus programmtechnischen Gründen wurden diese negativen Werte eingesetzt

Eintreffenswahrscheinlichkeit p_{k_1} : die Werte für diese Koeffizienten, wie sie hier verwendet werden, sind in Tabelle 5-6 zu finden

Nachfrage $b^1_{i_1}$: die nachgefragten Mengen an Nährstoffen entsprechen den Werten für die Vollkost (Tabelle 2-1)

Bedarfsbereiche $b^2_{i_2}$: diese Werte sind in Tabelle 5-1 dargestellt

Schranken $b^3_{i_3}$: der Vektor der Schranken kann aus der Tabelle A-1, Kolonne 9, entnommen werden

technische Koeffizienten $a^{k_1}_{i_1 j}$: diese Werte sind vollständig im Tabellenwerk von Souci et al [33] enthalten

$w_{i_1 k_2}$: diese Werte entsprechen den mittleren Werten der Nährstoffe der Nahrungsmittel k_2

5.4. Die Lösung des Zweistufenprogrammes

Das (SLP) wurde nun mit verschiedenen Realisationen durchgerechnet. Dabei sollten zwei Forderungen erfüllt werden:

1. Das Zweistufenprogramm liefert bessere Werte als die Optimierung mit Mittelwerten
2. Die Lösung des Zweistufenprogrammes hängt von der jeweiligen Situation ab (Frühling/Herbst), die ihrerseits die Wahrscheinlichkeitsverteilung beeinflusst

In einer ersten Optimierung wurden mit Rücksicht auf das Verhalten der Nährstoffe folgende Eintreffenswahrscheinlichkeiten angenommen (Frühlingssituation):

	Gruppe 1 Nicht-Vitamine	Gruppe 2 Vit. A + C	Gruppe 3 Vit. B_1 + B_2
untere Werte	1/3	6/10	1/4
mittl. Werte	1/3	3/10	1/2
obere Werte	1/3	1/10	1/4

Tabelle 5-3: Eintreffenswahrscheinlichkeiten der Nährstoffe für die Nährstoffgruppen in der Frühlingssituation

Für die Nicht-Vitamine wurde eine gleichförmige Verteilung angenommen, für die Vitamine A und C der untere Wert mit einer Eintreffenswahrscheinlichkeit von 0.6, was etwa der Frühlingssituation entspricht (durch Lagerung sind die Vitamine A und C zerstört worden), für die Gruppe der Vitamine B_1 und B_2 eine symmetrische Verteilung.
Das Resultat dieser Optimierung ist in Tabelle 5-4 dargestellt, wobei die Nahrungsmittel der zweiten Stufe weggelassen wurden, da nur die Werte für die Nahrungsmittel der ersten Stufe interessieren. Der vollständige Output dieses Optimierungslaufes ist in Tabelle A-8 (Anhang) dargestellt.

Nahrungsmittel	Resultat in Portionen	Menge in gr	Preis in Rappen
Trinkmilch	3.000	300.0	18.00
Sonnenblumenöl	.242	2.4	.82
Schweinsleber	.095	14.3	7.41
Fleischextrakt	.704	3.5	.32
Suppenwürfel	1.000	5.0	.40
Cervelat	.905	90.5	41.63
Reis, unpoliert	1.000	100.0	11.00
Buchweizenvollmehl	1.000	100.0	7.00
Roggenvollkornbrot	3.000	150.0	21.00
Eierteigwaren	.808	80.8	9.70
Broccoli	.065	6.5	1.11
Grünkohl	1.000	100.0	6.00
Apfelmus, in Dosen	1.000	100.0	9.00
Zucker	2.000	50.0	6.50
Rohzucker	2.000	50.0	5.00

Tabelle 5-4: Resultat der Optimierung mit dem Zweistufenprogramm für die Vollkost

Eine Nachkontrolle, d.h. Nachrechnen des Resultates in der Annahme, dass für alle Nährstoffe die schlechtesten Werte eingetroffen sind, ergab folgendes Bild (Tabelle 5-5):

Restriktion		Abweichungen bei Nachrechnung mit schlechtesten Werten	
		in gr/mg/kcal	in %
PGES	≥ 70.0	77.3	+ 10.4
PANI	≥ 35.0	33.6	- 4.1
FGES	≥ 70.0	68.7	- 1.9
FANI	≥ 50.0	58.2	+ 16.4
KGES	≥ 405.0	402.9	- .5
KFAS	≥ 2.0	7.6	+ 278.4
NATR	≤ 5000.0	4145.1	- 17.1
KALI	≥ .0	2896.6	-
CALC	≥ 630.0	580.2	- 7.9
CHOL	≤ 350.0	42.3	- 87.9
KCAL	≥ 2500.0	2607.5	+ 4.3
VITA	≥ 1.7	1.9	+ 12.1
VITC	≥ 75.0	74.1	- 1.2
VIB1	≥ 1.3	1.5	+ 13.3
VIB2	≥ 1.8	1.8	.0

Tabelle 5-5: Abweichungen von den Restriktionswerten in % beim Nachrechnen mit schlechtesten Werten

Zu beachten sind hier folgende Restriktionen, die verletzt werden, wenn für alle Nährstoffe die schlechtesten Werte eintreffen:

Nr. 2	Protein animalisch	-	4.1 %
Nr. 3	Fett gesamt	-	1.9 %
Nr. 5	Kohlenhydrate ges.	-	.5 %
Nr. 9	Calcium	-	7.9 %
Nr. 13	Vitamin C	-	1.2 %

Mit diesem Resultat ist also die erste Forderung, wie sie anfangs dieses Abschnittes aufgestellt wurde, erfüllt. Die Restriktionsverletzungen sind vernachlässigbar.
Es bleibt nun noch zu zeigen, dass auch die zweite Forderung erfüllt werden kann. Dazu wurden mehrere Optimierungen mit verschiedenen Eintreffenswahrscheinlichkeiten durchgeführt. In der Tabelle 5-6 sind die Annahmen über die Verteilungen und die entsprechenden Resultate von 14 Optimierungsläufen zusammengefasst.

	Wahrscheinlichkeitsverteilungen für untere / mittlere / obere Werte			Restriktionsverletzungen in % bei Nachrechnung mit schlechtesten Werten						
				Gruppe 1			Gruppe 2		Gruppe 3	
	Gruppe 1 Nicht-Vitamine	Gruppe 2 Vitamine A/C	Gruppe 3 Vitamine B_1/B_2	PGES	FGES	KGES	VITA	VITC	VIB1	VIB2
OPT-1	.33/.33/.33	.60/.30/.10	.25/.50/.25	10.4	- 1.9	- .5	12.1	- 1.2	13.3	.0
OPT-2	.33/.33/.33	.30/.60/.10	.25/.50/.25	10.0	- 2.1	- .6	9.3	-10.7	12.9	- .3
OPT-3	.33/.33/.33	.10/.45/.45	.25/.50/.25	9.9	- 2.1	- .6	9.3	-10.7	12.9	- .3
OPT-4	.33/.33/.33	.10/.30/.60	.25/.50/.25	9.9	- 2.1	- .6	9.3	-10.7	12.9	- .3
OPT-5	.33/.33/.33	.60/.30/.10	.45/.45/.10	10.4	- 1.9	- .5	12.1	- 1.2	13.3	.0
OPT-6	.33/.33/.33	.10/.30/.60	.10/.45/.45	9.9	- 2.1	- .6	-1.1	-13.2	11.9	-14.6
OPT-7	.20/.60/.20	.60/.30/.10	.25/.50/.25	9.1	- 5.7	-1.5	9.4	-10.6	12.3	- .2
OPT-8	.20/.60/.20	.60/.30/.10	.45/.45/.10	9.1	- 5.8	-1.5	9.6	-10.6	12.4	.0
OPT-9	.20/.60/.20	.10/.30/.60	.25/.50/.25	9.1	- 5.8	-1.5	9.6	-10.6	12.4	.0
OPT-10	.20/.60/.20	.10/.30/.60	.10/.45/.45	9.0	- 2.1	-1.5	-1.1	-13.8	11.3	-14.6
OPT-11	.33/.33/.33	.66/.33/.00	.25/.50/.25	10.4	- 1.9	- .5	12.1	- 1.2	13.3	.0
OPT-12	.33/.33/.33	.33/.66/.00	.25/.50/.25	9.6	- 2.1	-1.0	9.5	-10.6	12.7	- .1
OPT-13	.33/.33/.33	.00/.50/.50	.25/.50/.25	9.9	- 2.1	- .6	9.6	-10.6	13.0	- .1
OPT-14	.33/.33/.33	.00/.33/.66	.25/.50/.25	9.9	- 2.1	- .6	9.6	-10.6	13.0	- .1

Tabelle 5-6: Resultate von 14 Optimierungen mit dem Zweistufenprogramm und verschiedenen Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Allgemein ist zu sagen, dass für die Gruppe der Nicht-Vitamine entweder eine gleichmässige Verteilung angenommen wurde oder dann eine symmetrische mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.6 für die mittleren Werte. Die Gruppen 2 und 3 hingegen sind mit verschiedenen möglichen Verteilungen gerechnet worden. Dabei wurde das Hauptgewicht auf die saisonalen Eigenschaften der Vitamine A und C gelegt, erst in zweiter Linie auf mögliche Variationen der Vitamine B_1 und B_2, da diese beiden beständiger sind (siehe Kapitel 3.1.2.)

Typische Frühjahrssituationen sind in den Optimierungen 1, 5, 7, 8 und 11 angenommen worden: grosse Wahrscheinlichkeit, dass der Vitamingehalt von A und C minim ist. Eine Unterschreitung von je 1.2 % für das Vitamin C bei Nachrechnung mit unteren Werten für die Optimierungen 1, 5 und 11 kann toleriert werden. Für die Varianten 7 und 8 hingegen beträgt die Verletzung je 10.7 %. Dies lässt sich auf die Verteilung der Nicht-Vitamine zurückführen (Wahrscheinlichkeiten von 0.2/0.6/0.2, im Gegensatz zu 0.33/0.33/0.33 für die Optimierungen 1, 5 und 11). Alle anderen Optimierungen, bei denen die Eintreffenswahrscheinlichkeiten der unteren Werte für die Vitamine A und C kleiner sind als 0.4 , zeigen bei Nachrechnung mit unteren Werten Unterschreitungen von über 10 % für das Vitamin C. Da diese Situation in Jahreszeiten mit überreicher Vitaminversorgung eintrifft, also im Sommer und Herbst, sind die Verletzungen zulässig. In den Optimierungen 6 und 10 sind für die unteren Werte der Gruppen 2 und 3, also den Vitaminen, Wahrscheinlichkeiten von 0.1 angenommen worden. Die Unterschreitung beim Nachrechnen mit unteren Werten beträgt dann auch für das Vitamin A 1.1 % , das Vitamin C 13.8 % und für das Vitamin B_2 14.6 %.

Damit ist gezeigt worden, dass auch die zweite Forderung, die am Anfang dieses Abschnittes gestellt wurde, erfüllt wird: das Modell reagiert sehr stark auf unterschiedliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen.

5.5. Vergleich der Resultate deterministischer - stochastischer Fall

Es sei nun noch ein Vergleich zwischen den Resultaten der verschiedenen Optimierungen gemacht. In der Tabelle 5-7 sind die Mengen der Nahrungsmittel angegeben, die in den Lösungen der Optimierungen mit Mittelwerten, mit schlechtesten Werten (fat solution), mit dem Zweistufenprogramm für OPT-5 und OPT-6 (Frühjahrssituation und Herbstsituation) erscheinen.

Nahrungsmittel	Resultate der Optimierungen in gr			
	Mittel-werte	fat solution	Zweistufenprogramm OPT-5	OPT-6
Trinkmilch	--	300.0	300.0	290.7
Magermilch	219.6	48.1	--	9.3
Kondensmilch	8.0	--	--	--
Sonnenblumenöl	--	2.9	2.4	--
Schweinsleber	13.4	11.3	14.3	5.3
Fleischextrakt	--	4.3	3.5	4.0
Suppenwürfel	4.6	5.0	5.0	5.0
Cervelat	91.0	92.4	90.5	96.5
Reis, unpoliert	100.0	100.0	100.0	100.0
Buchweizenvollmehl	78.6	100.0	100.0	100.0
Buchweizenmehl	21.3	--	--	--
Roggenvollkornbrot	150.0	150.0	150.0	150.0
Eierteigwaren	72.4	80.4	80.8	80.9
Zwiebel	3.6	--	--	--
Karotten	--	--	--	.8
Broccoli	--	7.7	6.5	--
Grünkohl	63.6	100.0	100.0	100.0
Apfelmus, in Dosen	100.0	100.0	100.0	100.0
Zucker	50.0	50.0	50.0	50.0
Rohzucker	50.0	50.0	50.0	50.0
Wert der Tagesmenge in Rappen	138	147	145	141

Tabelle 5-7: Vergleich der Resultate mit verschiedenen Linearprogrammen

Da für die Vitamine A und C bei der fat solution die unteren Werte mit Wahrscheinlichkeiten 1 und bei OPT-5 des Zweistufen-

programmes mit Wahrscheinlichkeiten von 0.6 eintreffen, sind diese beiden Lösungen sehr ähnlich. Man sieht, dass einzelne, in der Zusammensetzung minderwertige Nahrungsmittel in der Lösung OPT-5 des Zweistufenprogrammes nicht mehr erscheinen und durch höherwertige Nahrungsmittel ersetzt werden, z.B. Magermilch und Kondensmilch durch Trinkmilch und Sonnenblumenöl (Fette), Buchweizenmehl durch Buchweizenvollmehl (Proteine und Vitamine).
Dies zeigt somit, dass mit der Möglichkeit der Variation der Wahrscheinlichkeiten im Zweistufenprogramm ein Modell besteht, welches der jahreszeitlichen Situation angepasst werden kann, während sowohl die Optimierungen mit Mittelwerten als auch der fat solution nicht unbedingt ein der Realität entsprechendes Resultat ergeben.

5.6. Vergleich des Rechenaufwandes

Man muss sich nun die Frage stellen, mit welchem Aufwand diese besseren Resultate erreicht wurden. Für das Programm LINOPT des Kapitels 4 waren die Rechenzeiten relativ bescheiden. Das Linearprogramm mit 219 Variablen und 32 Restriktionen erreichte nach 91 Iterationen den Optimalwert. Die Rechenzeit betrug für die Aufbereitung der Daten ins MPS-360 Format 7 sec. CPU, für die eigentliche Optimierung inklusive Umformatieren 15 sec. CPU und 7 sec. I/O. Im Vergleich dazu die Zahlen für das Standardprogramm OPHELIE II, das auf der gleichen Maschine, CDC 6500, gerechnet wurde. Für 354 Variablen und 436 Restriktionen mit 219 Bounds wurden nach 112 Iterationen in Phase I und total 419 Iterationen in Phasen I und II der Optimalwert erreicht. Für die Aufbereitung der Daten betrug die Rechenzeit 830 sec. CPU und 100 sec. I/O, für die Optimierung 280 sec. CPU und 480 sec. I/O. Diese Zeiten sind ohne Overhead des Betriebssystems für Roll-in / Roll-out - Operationen zu verstehen.

Obwohl die beiden Verarbeitungszeiten von LINOPT und OPHELIE II nicht direkt verglichen werden können, ist doch der Unterschied enorm. Rechtfertigt nun die verbesserte Lösung des Zweistufenprogrammes diesen Aufwand oder ist es möglich, ihn zu reduzieren? Im Kapitel 6 soll gezeigt werden, dass die Lösung des zu (SLP) dualen Programmes (DSLP) infolge der speziellen Struktur der Koeffizientenmatrix sehr viel weniger aufwendig ist.

6. DAS DUALE STOCHASTISCHE LINEARPROGRAMM

6.1. Das Dualprogramm

Gegeben sei ein Linearprogramm, das Primalprogramm, von der Form:

$$(PLP) \qquad \min \; c'x \quad \text{bez.} \quad Ax \geq b, \; x \geq 0$$

wobei
- c ein n-Vektor
- x ein n-Vektor
- b ein m-Vektor
- A eine (m x n)-Matrix

bedeuten.

Zu diesem (PLP) kann nun ein Dualprogramm definiert werden:

$$(DLP) \qquad \max \; b'u \quad \text{bez.} \quad A'u \leq c, \; u \geq 0$$

wobei
- u ein m-Vektor
- b ein m-Vektor
- c ein n-Vektor
- A' die zu A transponierte (n x m)-Matrix

darstellen.

Der Dualitätssatz der linearen Programmierung besagt nun, dass, falls das (PLP) eine Lösung hat, auch das (DLP) eine Lösung besitzt und dass die Zielfunktionswerte beider Programme übereinstimmen. Für den vorliegenden Fall gilt also:

Sei x^* Lösung des (PLP) =====> das (DLP) hat eine Lösung u^* und es gilt $c'x^* = b'u^*$

Dies bedeutet, dass es unwesentlich ist, ob das (PLP) oder das

(DLP) gelöst wird, der Wert der Zielfunktion ist im Optimum derselbe. Ausserdem erhält man bei geeigneter Wahl des Lösungsalgorithmus sowohl den Lösungsvektor des primalen als auch des dualen Programmes.
Im Kapitel 5.2. wurde das stochastische Linearprogramm (SLP) in Komponentenform definiert. Betrachtet man nun das zu (SLP) duale Programm (DSLP), so erhält man ein Maximierungsproblem der Form:

$$\max \{ \sum_{k_1=1}^{27} \sum_{i_1=1}^{15} b_{i_1}^{1k_1} u_{i_1}^{k_1} + \sum_{i_2=1}^{23} b_{i_2}^{2} u_{i_2} + \sum_{i_3=1}^{219} b_{i_3}^{3} u_{i_3} \}$$

$$\sum_{k_1=1}^{27} \sum_{i_1=1}^{15} a_{i_1 j}^{k_1} u_{i_1}^{k_1} + \sum_{i_2=1}^{23} r_{i_2 j} u_{i_2} + e_{i_3 j} u_{i_3} \leq c_j \quad j=1,219$$

(DSLP)
$$\sum_{i_1=1}^{15} w_{i_1 k_2} u_{i_1}^{k_1} \leq p_{k_1} q_{k_2} \quad \begin{matrix} k_1=1,5 \\ k_2=1,27 \end{matrix}$$

$$u_{i_1}^{k_1} \geq 0$$

$$u_{i_2} \geq 0$$

$$u_{i_3} \geq 0$$

Die Koeffizienten haben die gleiche Bedeutung wie in Kapitel 5.2.

6.2. Die Struktur des Dualprogrammes

Zeichnet man dieses (DSLP) schematisch auf, so erhält man folgendes Bild (Abbildung 6-1, s. auch Abbildung 5-2):

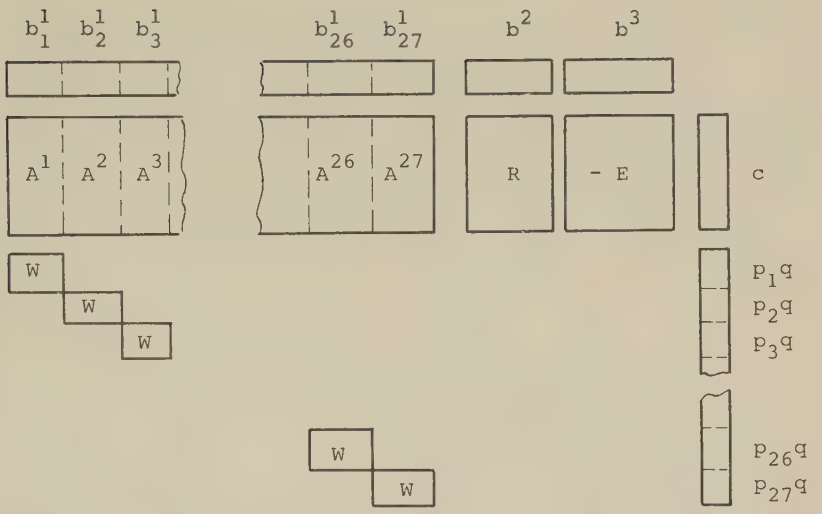

Abbildung 6-1: Struktur des (DSLP)

Die Blöcke A^{k_1} haben folgende Struktur (Abbildung 6-2):

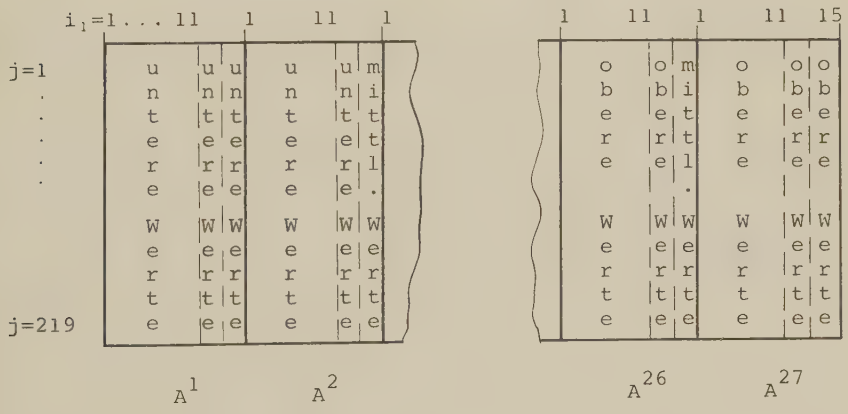

Abbildung 6-2: Die Koeffiziententeilmatrizen A^{k_1}
Bedeutung der Indices: j=1,219 Nahrungsmittel j
i_1=1,15 Nährstoff i_1

Diese Matrizen A^1 , .. , A^{27} sind zusammengesetzt aus den unteren, mittleren und oberen Werten der Nährstoffanteile der Nahrungsmittel. Die Originaldaten können deshalb in drei (219 x 15)-Matrizen gespeichert werden, woraus die entsprechenden Blöcke A^{k_1} auf einfache Art zusammengestellt werden. Der Speicherbedarf beträgt 3 x 219 x 15 = 9855 Worte.

Der Block R hat die Struktur:

	i_2=	1	2	3	4	5	....	23
j=1		1	-1	0	0	0		0
2		1	-1	0	0	0		0
3		0	0	-1	0	0		0
4		0	0	-1	0	0		0
5		1	-1	0	0	0		0
6		1	-1	0	0	0		0
7		1	-1	0	0	0		0
8		1	-1	0	0	0		0
9		0	0	0	-1	0		0
10		0	0	0	-1	0		0
11		0	0	0	0	-1		0
⋮								

Abbildung 6-3: Die Koeffizienten der Matrix R (Bedarfsbereiche)

Jedes Nahrungsmittel j ist nur einem Bedarfsbereich zugeordnet. Für diesen Bedarfsbereich ist der Wert des Koeffizienten $r_{i_2 j}$ entweder -1, falls die Restriktion des Primalprogrammes nur nach oben beschränkt ist, oder -1 und +1, falls die Restriktion im Primalprogramm nach oben und nach unten beschränkt ist. Sonst ist der Wert = 0. Die Originaldaten des Blockes R können in einem eindimensionalen Array mit 219 Worten gespeichert werden. In jedem Wort ist angegeben, zu welchem Index i_2 der Nichtnullwert gehört. Das Vorzeichen wird durch den Vektor b^2 definiert: falls $b^2_{i_2} < 0$ ====> $r_{i_2 j} = -1$

falls $b^2_{i_2} > 0$ ====> $r_{i_2 j} = 1$

Die Werte $b^2_{i_2}$ sind alle $\neq 0$.

Der Block -E bildet die negative Einheitsmatrix. Die Originaldaten sind durch ihre Position eindeutig gegeben, ein Speicherplatz ist deshalb nicht vorzusehen.
Die Blöcke W sind alle identisch. Sie enthalten als Originaldaten die Mittelwerte der Nährstoffanteile der Nahrungsmittel der zweiten Stufe. Sie müssen lediglich einmal gespeichert werden. Damit erhält man folgenden Speicherbedarf für die Koeffizientenmatrix des (DSLP):

A^1 , ... , A^{27}	3 x 15 x 219	= 9855	Worte
R		219	Worte
E		0	
W	15 x 5	= 75	Worte
Total		10149	Worte

Die Dimension der Matrix der Koeffizienten gemäss Abbildung 6-1 ist folgende:

Anzahl Zeilen	219 + 5 x 27 = 354
Anzahl Kolonnen	15 x 27 + 23 + 219 = 647

Diese (354 x 647)-Matrix hätte mit Berücksichtigung der Nullelemente total 229'038 Worte, die gespeichert werden müssten. Der Kernspeicher würde nicht genügen. Im vorliegenden Falle, wo die Originaldaten hingegen in 10'149 Worten Platz finden, ist es möglich,diese im Kernspeicher unterzubringen, was eine starke Reduktion der I/O - Operationen ermöglicht. Bei der Verwendung der revidierten Simplexmethode wird diese Tatsache ausgenützt, indem jede im Verlauf der Optimierung benötigte Grösse aus den Originaldaten berechnet wird. Im folgenden sei diese Methode kurz dargestellt.

6.3. Die revidierte Simplexmethode mit der expliziten Basisinversen

Es sei folgendes Linearprogramm zu lösen

$$\max \quad b_1 u_1 + \ldots + b_m u_m$$

$$\text{bezüglich} \quad P_1 u_1 + \ldots + P_m u_m \leq c$$

$$u_i \geq 0 \quad i=1,m$$

wobei
- b ein m-Vektor
- c ein n-Vektor
- P_i ein n-Vektor für i=1,m
- u ein m-Vektor

bedeuten.

Durch Einführung der Schlupfvariablen $u_{m+1}, \ldots, u_{\bar{m}}$ ergibt sich

$$\max \quad b_1 u_1 + \ldots + b_m u_m + b_{m+1} u_{m+1} + \ldots + b_{\bar{m}} u_{\bar{m}}$$

$$P_1 u_1 + \ldots + P_m u_m + P_{m+1} u_{m+1} + \ldots + P_{\bar{m}} u_{\bar{m}} = c$$

$$\text{bezüglich} \quad u_i \geq 0 \quad i=1,\bar{m}$$

$$b_{m+1} = \ldots = b_{\bar{m}} = 0$$

Wenn das Linearprogramm lösbar ist, dann existiert eine zulässige Basis, d.h. eine Matrix B mit Rang n, wobei $B = (P_{i_1}, \ldots, P_{i_n})$. Jeder zulässigen Basis entspricht eindeutig eine zulässige Basislösung $u_B = B^{-1}c$, $u_B \geq 0$. Die zu $u_B = (u_{i_1}, \ldots, u_{i_n})'$ gehörenden Koeffizienten der Zielfunktion seien $b_B = (b_{i_1}, \ldots, b_{i_n})'$.

Falls B eine zulässige Basis darstellt, so wird

$$\hat{B} = \begin{pmatrix} B & 0 & -c \\ b_B' & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

als erweiterte Basis bezeichnet.

Die Kolonnen aus $\hat{B}$ werden mit

$$\hat{P}_i = (a_{i_1}, \ldots, a_{i_n}, b_i, 0)' \quad i=1,\bar{m}$$
$$\hat{P}_{m+1} = (0, \ldots, 0, 1, 0)'$$
$$\hat{P}_{m+2} = (-c_1, \ldots, -c_2, 0, 1)'$$

bezeichnet.
Die Inverse $\hat{B}^{-1}$ ist dann

$$\hat{B}^{-1} = \begin{pmatrix} B^{-1} & 0 & B^{-1}c \\ -b_B'B^{-1} & 1 & -b_B'B^{-1}c \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Die Elemente des Zeilenvektors $-b_B'B^{-1}$ werden als Simplexmultiplikatoren bezeichnet. Sie stellen im Optimum zugleich eine Lösung des Dualprogrammes dar.

Im Simplexverfahren wird nun bei jedem Iterationsschritt eine Pivotzeile s und eine Pivotkolonne r ausgewählt und im Pivotschritt die Pivotzeile gegen die Pivotkolonne ausgetauscht. Dies wirkt sich nun auf die erweiterte Matrix $\hat{B}^{-1}$ insofern aus, als dass es möglich wird, eine Transformationsmatrix zu bestimmen derart, dass vom k-ten zum (k+1)-ten Schritt folgende Beziehung gilt:

$$_{k+1}\hat{B}^{-1} = T * {}_k\hat{B}^{-1}$$

Die Matrix $_{k+1}\hat{B}^{-1}$ wird die explizite Basisinverse genannt.
Die Transformationsmatrix T hat nun folgende Form:

$$T = \begin{pmatrix} 1 & & \eta_1 & & \\ & 1 & \eta_2 & & 0 \\ & & 1\ \eta_3 & & \\ & & \vdots & 1 & \\ & 0 & & & 1 \\ & & \eta_{n+1} & & \\ & & 0 & & 1 \end{pmatrix}$$

Kol. s

wobei

$$\eta_j = \begin{cases} -\dfrac{\bar{a}_{rj}}{\bar{a}_{rs}} & , \text{ falls } j \neq s \\ \dfrac{1}{\bar{a}_{rs}} & , \text{ falls } j = s \end{cases} \qquad \begin{matrix} j=1,n+1 \\ \bar{a}_{rs} > 0 \end{matrix}$$

Die Elemente $\bar{a}_{r.}$ berechnen sich aus den Originaldaten wie folgt:

$$\bar{a}_{r.} = {}_k\hat{B}^{-1} * \hat{P}_r$$

Für das oben definierte Maximierungsproblem ist es sinnvoll, als Ausgangslösung die Einheitsmatrix zu wählen. Damit kann man die Matrix ${}_{k+1}\hat{B}^{-1}$ als Produkt von Transformationsmatrizen darstellen:

$${}_{k+1}\hat{B}^{-1} = {}_kT * {}_{k-1}T * \cdots * {}_1T$$

Diese Methode hat den Vorteil, dass jeweils nicht die ganze Matrix ${}_{k+1}\hat{B}^{-1}$ gespeichert werden muss, sondern nur die Kolonnen der η_j mit den dazugehörenden Indices s.

6.4. Das Verfahren

Die Vorschriften des revidierten Simplexverfahrens können wie folgt dargestellt werden:

Schritt 0:

$${}_1\hat{B}^{-1} = \begin{pmatrix} E & 0 & c \\ -b'_B & 1 & -b'_Bc \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} , \quad {}_kB^{-1} = E \quad b_B = O$$

k:= 1

Schritt 1: Berechne

$$\bar{b}_i = {}_k\hat{B}^{-1}_{n+1}\,\hat{P}_i = b_i - b_B' {}_kB^{-1}P_i$$

Schritt 2: Bestimme

$$\bar{b}_r = \max_i \bar{b}_i$$

falls $\bar{b}_r \leq 0$ ====> Lösung opt.
sonst Schritt 3

Schritt 3: Berechne

$$\bar{P}_r = {}_kB^{-1}P_r$$

Schritt 4: Sei $\bar{P}_r = (\bar{a}_{r1}, \ldots, \bar{a}_{rn})'$

falls $\bar{a}_{rj} \leq 0 \quad \forall \quad j=1,n$ ====> Zielfunktion ist unbeschränkt
sonst Schritt 5

Schritt 5: Bestimme $\bar{a}_{rs}$ so, dass

$$\frac{\bar{c}_s}{\bar{a}_{rs}} = \min_{\bar{a}_{rj}>0} \frac{\bar{c}_j}{\bar{a}_{rj}}$$

wobei die $\bar{c}_j$ aus der letzten Kolonne der Matrix ${}_k\hat{B}^{-1}$ entnommen werden.

Schritt 6: Berechne

$$\eta_j = \begin{cases} -\dfrac{\bar{a}_{rj}}{\bar{a}_{rs}} & , \text{ falls } j \neq s \\ \dfrac{1}{\bar{a}_{rs}} & , \text{ falls } j = s \end{cases}$$

Schritt 7: Berechne

$$ {}_{k+1}\hat{B}^{-1} = {}_{k}T * {}_{k}\hat{B}^{-1} $$

mit ${}_{k}T =$

$$\begin{pmatrix} 1 & & & \eta_1 & & \\ & 1 & & \vdots & & 0 \\ & & 1 & \vdots & & \\ & & & \vdots & 1 & \\ & 0 & & \eta_{n+1} & & 1 \\ & & & 0 & & \end{pmatrix}$$

Kol. s

Schritt 8: k := k + 1
gehe zu Schritt 1

Aus diesem Verfahren ist ersichtlich, dass es zwei Hauptprobleme gibt: sowohl Rechenaufwand als auch Speicherplatzbedarf werden bei jedem Iterationsschritt grösser. Am Anfang besteht die erweiterte Basisinverse aus der Einheitsmatrix, die nicht gespeichert werden muss, dem Vektor $-b_B'$ sowie einem Nullvektor und dem 1-Element. Mit jedem Iterationsschritt wird eine Kolonne der Einheitsmatrix ersetzt durch den η_j-Vektor, d.h. der Speicherbedarf nimmt um einen Vektor mit n Elementen zu.
Der Rechenaufwand ist für die Schritte 3 bis 6 konstant, er nimmt hingegen für die Schritte 1 und 7 mit jeder Iteration zu, was nicht zu vermeiden ist. Es müssen deshalb die Iterationen beschränkt werden, was nur erreicht werden kann mit einer effizienten Bestimmung der Pivotkolonne (Schritt 2). Dies soll im nächsten Abschnitt behandelt werden.
Eine weitere Möglichkeit, die Anzahl Rechenoperationen zu reduzieren, wäre eine Reinversion nach 30 bis 40 Iterationen. Dies wurde hier nicht ausgeführt.

6.5. Spezielle Probleme bei der Bestimmung der Pivotkolonne

De Buchet [50b], Dickson-Frederick [61], Kuhn-Quandt [62] und Wolfe-Cutler [63] führten Versuche durch, um verschiedene Verfahren der Pivotkolonnenauswahl zu testen.
De Buchet fand, dass im Falle der Doppelpivotierung, d.h. Auswahl der beiden besten Kandidaten für den nächsten Pivotschritt, jeweils der zweite Kandidat in 50 - 70 % aller Fälle nach der ersten Pivotierung immer noch für einen weiteren Pivotschritt in Frage kam. Sowohl Beer [60] als auch Wolfe-Cutler schlagen vor, dieses Verfahren in sogenannten Suboptimierungen anzuwenden. Sie wählten zwischen zwei und zehn Kandidaten aus und führten die Iterationen nur mit diesen Kolonnen durch, bevor wieder eine neue Serie von Kandidaten bestimmt wurde.
Die Bestimmung der Pivotkolonnenkandidaten kann auf drei grundsätzliche Methoden zurückgeführt werden:

a) die Nichtbasisgradientenmethode
   Seien b_i die Koeffizienten der Nichtbasisvariablen in der Zielfunktion. Dann wird die r-te Kolonne zur Pivotkolonne, wobei $b_r = \max_i b_i$, $b_i > 0$.
   Für die Bestimmung der Pivotkolonnen auf diese Art muss also lediglich der Vektor gebildet aus den Koeffizienten der Nichtbasisvariablen der Zielfunktion nach jeder Iteration berechnet werden. Der Aufwand hierzu ist gering.

b) die Basisgradientenmethode
   Seien wie oben b_i die Koeffizienten der Nichtbasisvariablen in der Zielfunktion, a_{ij} die technischen Koeffizienten. Die Pivotkolonne r bestimmt sich nach der Basisgradientenmethode folgendermassen:

$$\frac{(b_r^+)^2}{\sum_{j=1}^{n} a_{rj}^2 + (b_r^+)^2} = \max_i \frac{(b_i^+)^2}{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^2 + (b_i^+)^2}, \qquad b_i^+ > 0 \ \forall\, i$$

In einer möglichen Variante dieser Methode kann die Pivotkolonne wie folgt berechnet werden:

$$\frac{b_r^+}{\sum_{j=1}^{n} |a_{rj}| + b_r^+} = \max_i \frac{b_i^+}{\sum_{j=1}^{n} |a_{ij}| + b_i^+} , \quad b_i^+ > 0 \ \forall \ i$$

Hier hat man den Vorteil, dass weniger arithmetische Operationen durchgeführt werden müssen. Vom Resultat her gesehen unterscheidet sich diese Variante kaum von der oben genannten [62].

c) die Methode des grössten absoluten Zuwachses der Zielfunktion

Seien b_i die Koeffizienten der Nichtbasisvariablen in der Zielfunktion, a_{ij} die technischen Koeffizienten und c_j die Restriktionswerte (oder die sogenannten "rechten Seiten"), so bestimmt sich die Pivotkolonne r wie folgt:

$$\frac{b_r^+ \cdot c_s}{a_{rs}} = \max_i \{ b_i^+ \cdot \{ \min_j \frac{c_j}{a_{ij}} \} \} , \quad \begin{matrix} b_i^+ > 0 \ \forall \ i \\ a_{ij} > 0 \ \forall \ i,j \end{matrix}$$

Zugleich erhält man auch die Pivotzeile s. Diese Methode bedingt, dass nach jeder Iteration die ganze Koeffizientenmatrix neu berechnet wird. Der Rechenaufwand ist dementsprechend gross.

Infolge der speziellen Struktur der Koeffizientenmatrix im vorliegenden Problem kann noch eine weitere Eigenschaft ausgenützt werden: nach Auswahl einer bestimmten Pivotkolonne für die Suboptimierung erhält man jeweils sofort 9 gleichwertige Kandidaten, da sich die $b_{i_1}^1$ vor der ersten Iteration 9 Mal wiederholen. Bestimmt man nun z.B. 5 beste Kandidaten aus den Kolonnen 1 - 15, so erhält man 9 · 5 = 45 Kandidaten, die alle die gleiche Chance haben, nach einer Iteration noch als Pivotkolonne in Frage zu kommen.

Für die vorliegende Optimierungsaufgabe wurden zwei verschiedene Methoden getestet. Bei der ersten, der Nichtbasisgradientenmethode zeigte es sich, dass der Zielfunktionswert äusserst

schlecht gegen den Optimalwert konvergierte. Nach 100 Iterationen wurde das Verfahren abgebrochen.
Beim zweiten Versuch wurde die Bestimmung der Pivotkolonne (Schritt 2 im Kapitel 6.4.) in Teilschritte aufgeteilt:

TS1: Bestimmung aller Pivotkolonnenkandidaten aus der Matrix R (siehe (DSLP) im Kapitel 6.1. und Abb. 6-3). Die Koeffizienten dieser Matrix sind konstante Grössen und entsprechen den Koeffizienten der Variablen der Bedarfsbereiche im Primalprogramm.
Pivotieren mit diesen Kandidaten.

TS2: Mit der Basisgradientenmethode werden die 10 besten Kandidaten ausgelesen. Da sich gemäss obigen Ueberlegungen die Werte der Koeffizienten 9 Mal wiederholen, erhält man 90 Kandidaten.
Pivotierung mit diesen Kandidaten.

TS3: Bestimmung sämtlicher restlichen Kandidaten mit der Nichtbasisgradientenmethode.
Pivotierung mit diesen Kandidaten.
Wiederholung von TS3 bis die Koeffizienten der Nichtbasisvariablen in der Zielfunktion $< \varepsilon = 10^{-5}$, dann TS4.

TS4: Kontrolle der dualen Zulässigkeit. Falls diese erreicht, ist die Lösung optimal. Sonst wird im Dualschritt die nichtzulässige Variable ausgetauscht, dann wieder TS3.

Das Resultat dieses zweiten Versuches ist aus der Abbildung 6-4 ersichtlich.
Das Optimum bei der Anwendung der gemischten Methode Basisgradienten/Nichtbasisgradienten wurde nach 180 Iterationen erreicht.

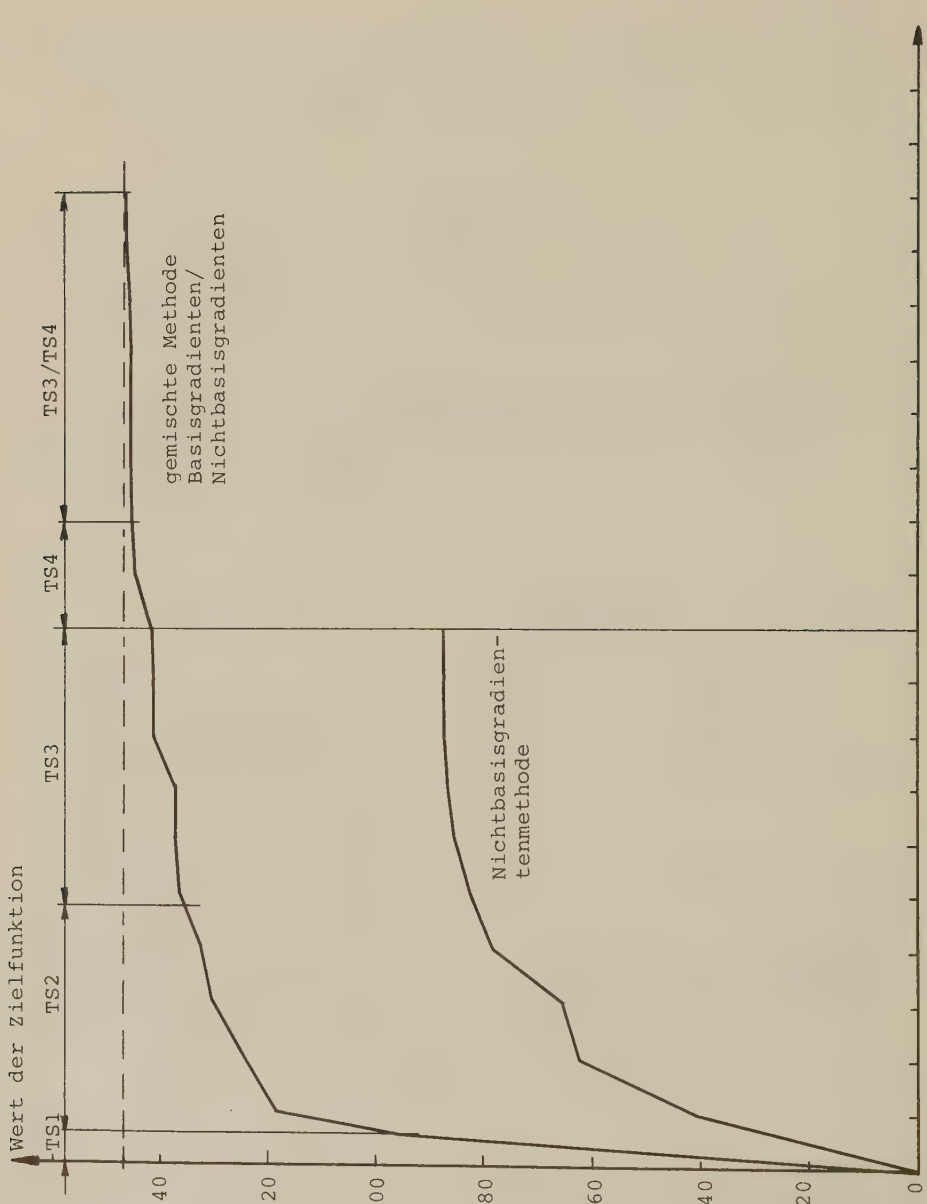

Abbildung 6-4: Entwicklung des Zielfunktionswertes in Funktion der Anzahl Iterationen bei verschiedenen Methoden der Pivotkolonnenauswahl

6.6. Vergleich des Rechenaufwandes Primal / Dualprogramm

In der Tabelle 6-5 sind die Zeiten der CPU und I/O sowohl für das Primal- als auch für das Dualprogramm zusammengestellt.

	Primalprogramm (OPHELIE II)		Dualprogramm	
	CPU	I/O	CPU	I/O
Aufbereitung der Daten	830 s	100 s	442 s	7 s *)
Optimierung	280 s	480 s		
	1110 s	580 s	442 s	7 s
Speicherbedarf	$220'000_8$ Worte		$140'000_8$ Worte	
Anzahl Iterationen	419		180	

Tabelle 6-5: Aufwand für die Optimierungen des Primal- und des Dualprogrammes
*) die Aufbereitung der Daten und die eigentliche Optimierung können hier nicht getrennt werden, da die Generierung der verwendeten Daten während der Optimierung geschieht

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, dass die Lösung des dualen stochastischen Linearprogrammes wie es in 6.1. definiert wurde, mit sehr viel weniger Aufwand gelöst werden kann. Dies betrifft sowohl den Zeitaufwand für die CPU als auch für I/O. Ausserdem konnte der Speicherbedarf reduziert werden, obwohl die ganze invertierte Basismatrix im Kernspeicher resident ist.

7. ANHANG

NR	AEK	BEZEICHNUNG	PGROS	PDET	PCRT	WF1	WF2	SCH	BER
1	AC201C	VOLLMILCH (ROHMILCH)	8.0	13.0	100	1	1	3.0	RAC1
2	AC202C	TRINKMILCH (MIN. 3,5% FETT)	6.0	11.0	100	1	1	3.0	RAC1
3	EC101C	YOGHURT (3% FETT)	8.0	14.0	100	1	1	1.0	RAC2
4	EC102C	YOGHURT	12.0	19.0	100	1	1	1.0	RAC2
5	EC103C	MAGERMILCH	5.0	9.0	100	1	1	3.0	RAC1
6	EC202C	KONDENSMILCH, GEZUCKERT	4.5	8.0	10	1	1	3.0	RAC1
7	EC203C	KONDENSMILCH (MIN. 10% FETT)	4.0	7.5	10	1	1	3.0	RAC1
8	EC204C	KONDENSMAGERMILCH,GEZUCKERT	3.6	7.0	10	1	1	3.0	RAC1
9	EC301C	KAFFEERAHM (MIN. 10% FETT)	4.8	6.5	10	1	1	3.0	REC1
10	EC302C	RAHM (MIN. 28% FETT)	40.0	55.4	50	6	2	1.0	RBC1
11	CC102C	EMMENTALERKAESE (45% FETT)	100.0	132.0	100	3	2	1.0	RCC1
12	CC201C	EDELPILZKAESE (50% FETT)	140.0	170.0	100	3	1	1.0	RCC1
13	CC204C	EDAMERKAESE (45% FETT)	115.0	140.0	100	3	1	1.0	RCC1
14	CC207C	TILSITERKAESE (45% FETT)	82.0	114.0	100	3	2	1.0	RCC1
15	CC302C	CAMEMBERTKAESE (45% FETT)	79.0	105.0	100	3	1	1.0	RCC1
16	CC402C	SPEISEQUARK (4C% FETT)	45.0	60.0	100	2	1	1.0	RAC2
17	CC403C	SPEISEQUARK (2C% FETT)	40.0	55.0	100	2	1	1.0	RAC2
18	CC409C	SPEISEQUARK, MAGER	37.0	50.0	100	2	1	1.0	RAC2
19	DC105C	HUEHNEREI, GESAMT	21.0	33.0	60	1	1	2.0	
20	EC101C	BUTTER	28.0	34.0	25	1	1	1.0	REC1
21	EC204C	SONNENBLUMENOEL	3.4	4.8	10	1	1	2.0	REC2
22	EC205C	KOKOSFETT, GEREINIGT	6.3	7.1	10	1	1	2.0	REC2
23	EC301C	MARGARINE	11.8	18.1	25	1	1	1.0	REC1
24	FC108C	HAMMEL, SCHLEGEL	202.5	328.5	150	8	4	1.0	RFC1
25	FC109C	HAMMEL, KOTELETT	225.0	328.5	150	8	4	1.0	RFC1
26	FC111C	HAMMEL, SCHNITZEL	247.5	345.0	150	8	4	1.0	RFC1
27	FC202C	KALB, BRUST	172.5	246.0	150	5	5	1.0	RFC1
28	FC204C	KALB, FILET	367.5	532.5	150	5	5	1.0	RFC1
29	FC205C	KALB, BAUCH	172.5	246.0	150	5	5	1.0	RFC1
30	FC207C	KALB, HAXE	258.0	364.5	150	5	5	1.0	RFC1
31	FC208C	KALB, SCHLEGEL	258.0	364.5	150	5	5	1.0	RFC1
32	FC210C	KALB, KOTELETT	360.0	532.5	150	5	5	1.0	RFC1
33	FC211C	KALB, SCHNITZEL	360.0	532.5	150	5	5	1.0	RFC1
34	FC216C	KALB, HIRN	267.0	375.0	150	5	5	1.0	RFC1
35	FC217C	KALB, LEBER	322.5	480.0	150	5	5	1.0	RFC1
36	FC220C	KALB, NIERE	301.5	435.0	150	5	5	1.0	RFC1
37	FC221C	KALB, ZUNGE	357.0	525.0	150	5	5	1.0	RFC1
38	FC303C	RIND, SCHULTER	229.5	325.5	150	5	5	1.0	RFC1
39	FC304C	RIND, BRUST	153.0	222.0	150	5	5	1.0	RFC1
40	FC306C	RIND, FILET	358.5	534.0	150	5	5	1.0	RFC1
41	FC308C	RIND, ROSTBRATEN	237.0	325.5	150	5	5	1.0	RFC1
42	FC309C	RIND, KAMM,HALS	237.0	325.5	150	5	5	1.0	RFC1
43	FC310C	RIND, SCHLEGEL	282.0	412.5	150	5	5	1.0	RFC1
44	FC312C	RIND, LENDE (ROSTBEEF)	237.0	325.5	150	5	5	1.0	RFC1
45	FC316C	RIND, LEBER	97.5	135.0	150	5	5	1.0	RFC1
46	FC320C	RIND, ZUNGE	294.0	427.5	150	5	5	1.0	RFC1
47	FC403C	SCHWEIN, VORDERSCHINKEN	184.5	271.5	150	5	5	1.0	RFC1
48	FC404C	SCHWEIN, VORDERHAXE	184.5	271.5	150	5	5	1.0	RFC1
49	FC404Z	SCHWEIN, HINTERHAXE	184.5	271.5	150	5	5	1.0	RFC1
50	FC405C	SCHWEIN, FILET	217.5	324.0	150	5	5	1.0	RFC1

Tabelle A-1: Die verwendeten Nahrungsmittel

NR	ABK	BEZEICHNUNG	PGROS	PDET	PCRT	WF1	WF2	SCH	BER
51	FG40BC	SCHWEIN, SCHLEGEL	184.5	271.5	15C	5	5	1.C	RFC1
52	FG4G9C	SCHWEIN, KOPF	123.0	169.5	15C	5	5	1.C	RFC1
53	FC41CC	SCHWEIN, KOTELETT	147.0	195.0	15C	5	5	1.C	RFC1
54	FC411C	SCHWEIN, SCHNITZEL	220.5	324.0	15C	5	5	1.C	RFC1
55	FC415C	SCHWEIN, LEBER	78.0	105.0	15C	5	5	1.C	RFC1
56	FC419C	SCHWEIN, ZUNGE	193.5	277.5	15C	5	5	1.C	RFC1
57	FC5C1C	KANINCHEN	127.5	204.0	15C	5	5	1.C	RFC1
58	GC1C6C	SCHWEINESCHINKEN, GES. GER.	177.0	285.0	15C	5	5	1.C	RFC1
59	GC301C	HACKFLEISCH	117.0	172.5	15C	5	5	1.C	RFC1
60	GC304C	FLEISCHEXTRAKT	.4	.7	5	6	4	1.C	
61	GC305C	SUPPENWUERFEL	.4	.6	5	4	2	1.C	
62	GC4C1C	CERVELAT	46.0	60.0	15C	5	5	1.C	RFC1
63	GC4C2C	KNACKWURST	85.5	127.5	15C	5	5	1.C	RFC1
64	GC41CC	SALAMI	202.5	330.0	15C	5	5	1.C	RFC1
65	GC504C	FRANKFURTER	84.0	128.0	15C	5	5	1.C	RFC1
66	GC5C6C	MORTADELLA	103.5	139.5	15C	5	5	1.C	RFC1
67	GC505C	WIENER WUERSTCHEN	84.0	128.0	15C	5	5	1.C	RFC1
68	GC511C	LYONER	88.5	126.0	15C	5	5	1.C	RFC1
69	GC6C1C	KALESERATWURST	81.0	127.0	15C	5	5	1.C	RFC1
70	GC6C2C	SCHWEINSBRATWURST	74.0	103.0	15C	5	5	1.C	RFC1
71	GC7C1C	FLEISCHKAESE	94.5	135.0	15C	5	5	1.C	RFC1
72	GC9C1C	BUERGERFLEISCH	147.5	240.0	5C	5	5	1.C	RFC1
73	HC3C1C	ERATEHUN	43.5	63.0	15C	5	5	1.C	RFC1
74	HC3G2C	HUHN, BRUST	177.0	240.0	15C	5	5	1.C	RFC1
75	HC303C	HUHN, SCHLEGEL	103.5	156.0	15C	5	5	1.C	RFC1
76	HC9C1C	HASE	163.5	262.5	15C	10	5	1.C	RFC1
77	H1G01C	HIRSCH	177.0	277.5	15C	10	5	1.C	RFC1
78	H11G2C	REH, SCHLEGEL	192.0	307.5	15C	10	5	1.C	RFC1
79	H11G3C	REH, RUECKEN	232.5	360.0	15C	10	5	1.C	RFC1
80	IC1C1C	FLUNDER	177.0	270.0	15C	7	3	1.C	RFC1
81	IC104C	DORSCH	118.5	187.5	15C	7	3	1.C	RFC1
82	IC2020	FORELLE	151.5	262.5	15C	7	3	1.C	RFC1
83	IC212C	FELCHEN	139.5	255.0	15C	7	3	1.C	RFC1
84	JC303C	OELSARDINEN	127.5	268.5	15C	7	3	1.C	RFC1
85	JC304C	THUNFISCH, IN OEL	103.5	204.0	15C	7	3	1.C	RFC1
86	KC2C4C	HAFERFLOCKEN	9.0	25.0	1CC	7	7	1.C	RKC1
87	KC2C5C	HIRSE, GESCHAELTES KORN	8.6	24.0	1CC	7	7	1.C	RKC1
88	KC2G71	REIS, UNPOLIERT	11.0	25.0	1CC	3	1	1.C	RPC1
89	KC2G73	REIS, POLIERT	20.0	40.0	1CC	3	1	1.C	RPC1
90	KC3C1C	BUCHWEIZENGRUETZE	10.0	28.0	1CC	5	2	1.C	RKC1
91	KC3G2C	GERSTENGRUETZE	10.0	28.0	1CC	5	2	1.C	RKC1
92	KC3G3C	HAFERGRUETZE	10.0	28.0	1CC	5	2	1.C	RKC1
93	KC3C5C	WEIZENGRIESS	7.0	11.0	1CC	5	2	1.C	RKC1
94	KC4C1C	BUCHWEIZENVOLLMEHL	7.0	15.0	1CC	4	1	1.C	RKC1
95	KC4C11	BUCHWEIZENMEHL, HELL	8.0	16.0	1CC	4	1	1.C	RKC1
96	KC4C84	ROGGENMEHL, TYP 1370	8.0	13.0	1CC	3	1	1.C	RKC1
97	KC4C95	WEIZENMEHL, TYP 1C50	8.0	14.0	1CC	3	1	1.C	RKC1
98	KC6C2C	CORNFLAKES	24.0	35.0	5C	2	1	1.C	RLC1
99	KC7C2C	WEIZENKEIME	13.5	24.0	5C	2	1	1.C	RLC1
100	LC1C1C	KOMPISSBROT	9.5	13.5	5C	3	1	4.C	RLC1

NR	AEK	BEZEICHNUNG	PGROS	PDET	PGRT	WF1	WF2	SCH	BER
101	LC102C	ROGGENBROT	8.0	12.0	50	3	1	4.0	RLC1
102	LC104C	ROGGENVOLLKORNEROT	7.0	10.0	50	3	1	4.0	RLC1
103	LC201C	SEMMELN	21.0	30.0	50	3	1	4.0	RLC1
104	LC203C	WEISSBROT	12.5	18.0	50	3	1	4.0	RLC1
105	LC302C	GRAHAMBROT	10.5	15.5	50	3	1	4.0	RLC1
106	LC304C	KNAECKEBROT	28.0	42.5	50	3	1	4.0	RLC1
107	LC501C	KEKS	27.5	36.0	50	4	3	4.0	RLC1
108	LC514C	ZWIEBACK,EIFREI	30.0	45.5	50	1	1	4.0	RLC1
109	PC101C	EIERTEIGWAREN	12.0	22.0	100	3	1	1.0	RNC1
110	PC102C	EIERTEIGWAREN M. ERH. EIGEHALT	14.0	26.0	100	3	1	1.0	RNC1
111	NC101C	KAROTTEN	12.0	17.0	100	7	1	1.0	RNC1
112	NC102C	KARTOFFEL	16.0	24.0	200	3	1	1.0	RNC1
113	NC103C	KNOBLAUCH	2.9	4.5	5	7	7	1.0	RNC1
114	NC104C	KOHLRABI	14.0	19.0	100	7	1	1.0	RNC1
115	NC105C	KOHLRUEBE	14.0	19.0	100	7	1	1.0	RNC1
116	NC106C	LAUCH	18.0	24.0	100	7	1	1.0	RNC1
117	NC109C	RETTICH	18.0	23.0	100	7	1	1.0	RNC1
118	NC110C	RADIESCHEN	20.0	27.0	100	7	1	1.0	RNC1
119	NC111C	ROTE RUEBEN	12.0	18.0	100	7	1	1.0	RNC1
120	NC112C	SCHWARZWURZEL	18.0	24.0	100	7	1	1.0	RNC1
121	NC113C	KNOLLENSELLERIE	17.0	24.0	100	7	1	1.0	RNC1
122	NC114C	SPARGEL	63.0	81.0	100	7	1	1.0	RNC1
123	NC115C	WEISSE RUEBE	9.0	14.0	100	7	1	1.0	RNC1
124	NC118C	ZWIEBEL	1.5	1.9	10	3	1	1.0	RNC1
125	NC202C	BLEICHSELLERIE	15.0	20.0	100	7	1	1.0	RNC1
126	NC203C	BLUMENKOHL	16.0	25.0	100	7	1	1.0	RNC1
127	NC204C	BROCCOLI	17.0	24.0	100	7	1	1.0	RNC1
128	NC205C	BRUNNENKRESSE	19.0	28.0	100	7	1	1.0	RNC1
129	NC207C	ENDIVIE	9.0	15.0	100	7	1	1.0	RNC1
130	NC209C	FELDSALAT	4.0	9.0	100	3	1	1.0	RNC1
131	NC210C	FENCHELKRAUT	12.0	18.0	100	7	3	1.0	RNC1
132	NC212C	GRUENKOHL	6.0	10.0	100	7	3	1.0	RNC1
133	NC213C	KOPFSALAT	3.0	7.0	100	3	1	1.0	RNC1
134	NC214C	GARTENKRESSE	18.0	26.0	100	7	1	1.0	RNC1
135	NC215C	CHICOREE	23.0	32.0	100	4	1	1.0	RNC1
136	NC217C	MANGOLD	15.0	19.0	100	7	1	1.0	RNC1
137	NC220C	RHABARBER	11.0	16.0	100	7	1	1.0	RNC1
138	NC221C	ROSENKOHL	14.0	19.0	100	7	1	1.0	RNC1
139	NC222C	ROTKOHL	14.0	19.0	100	7	1	1.0	RNC1
140	NC224C	SPINAT	19.5	25.5	150	7	3	1.0	RNC1
141	NC225C	WEISSKOHL	14.0	17.0	100	7	3	1.0	RNC1
142	NC302C	GURKE	18.4	28.0	100	3	1	1.0	RNC1
143	NC303C	ZUCKERMAIS	31.0	46.0	100	7	3	1.0	RNC1
144	NC306C	TOMATE	23.0	35.0	100	3	1	1.0	RNC1
145	NC401C	BOHNEN, GRUEN	38.0	51.0	100	7	3	1.0	RNC1
146	NC402C	BOHNEN, WEISS	26.0	38.0	100	7	3	1.0	RNC1
147	NC403C	ERBSEN, GRUEN	23.0	33.0	100	7	3	1.0	RNC1
148	NC406C	LINSEN, GETROCKNET	24.0	33.0	100	7	3	1.0	RNC1
149	N1103C	SAUERKRAUT	7.0	10.0	100	10	5	1.0	RNC1
150	QC101C	CHAMPIGNON	170.0	220.0	100	7	3	1.0	ROC1

NR	AEK	BEZEICHNUNG	PGROS	PDET	PORT	WF1	WF2	SCH	BER
151	CC106C	SPEISEMORCHEL	330.0	410.0	100	7	3	1.0	RCC1
152	CC110C	STEINPILZ	190.0	250.0	100	7	3	1.0	RCC1
153	FC101C	APFEL	17.0	21.0	100	1	1	2.0	RPC1
154	FC102C	BIRNE	17.0	20.0	100	1	1	2.0	RPC1
155	FC201C	AFRIKOSEN	17.0	23.0	100	2	1	2.0	RPC1
156	FC202C	KIRSCHEN, SUESS	36.0	56.0	100	2	1	2.0	RPC1
157	FC204C	MIRABELLEN	28.0	49.0	100	2	1	2.0	RPC1
158	FC205C	PFIRSICHE	20.0	29.0	100	2	1	2.0	RPC1
159	FC206C	PFLAUMEN	18.0	24.0	100	2	1	2.0	RPC1
160	FC301C	BROMBEEREN	64.0	90.0	100	3	1	1.0	RPC1
161	FC302C	ERDBEEREN	35.0	50.0	100	3	1	1.0	RPC1
162	FC304C	HEIDELBEEREN	41.0	58.0	100	3	1	1.0	RPC1
163	FC305C	HIMBEEREN	48.0	70.0	100	3	1	1.0	RPC1
164	FC306C	HOLLUNDERBEEREN, SCHWARZ	19.0	26.0	100	3	1	1.0	RPC1
165	FC307C	JOHANNISBEEREN, ROT	47.0	65.0	100	3	1	1.0	RPC1
166	FC308C	JOHANNISBEEREN, SCHWARZ	58.0	80.0	100	3	1	1.0	RPC1
167	FC309C	JOHANNISBEEREN, WEISS	58.0	80.0	100	3	1	1.0	RPC1
168	FC312C	STACHELBEEREN	39.0	52.0	100	3	1	1.0	RPC1
169	FC401C	ANANAS	19.0	28.0	100	4	1	1.0	RPC1
170	FC402C	ORANGE	14.0	23.0	100	4	1	1.0	RPC1
171	FC405C	BANANE	16.0	23.0	100	4	1	1.0	RPC1
172	FC406C	GRAPEFRUIT	12.0	22.0	100	4	1	1.0	RPC1
173	FC411C	WASSERMELONE	10.0	18.0	100	4	1	1.0	RPC1
174	FC801C	ANANAS, IN DOSEN	16.0	25.0	100	4	1	1.0	RPC1
175	FC802C	APFELMUS, IN DOSEN	9.0	13.0	100	4	1	1.0	RPC1
176	FC803C	APRIKOSEN, IN DOSEN	29.0	38.0	100	4	1	1.0	RPC1
177	FC804C	BIRNEN, IN DOSEN	9.0	13.0	100	4	1	1.0	RPC1
178	FC805C	ERDBEEREN, IN DOSEN	29.0	41.0	100	4	1	1.0	RPC1
179	FC806I	HEIDELBEEREN, IN DOSEN	34.0	45.0	100	4	1	1.0	RPC1
180	FC807C	HIMBEEREN, IN DOSEN	38.0	50.0	100	4	1	1.0	RPC1
181	FC808C	KIRSCHEN, IN DOSEN	28.0	48.0	100	4	1	1.0	RPC1
182	FC814C	PFIRSICHE, IN DOSEN	31.0	42.0	100	4	1	1.0	RPC1
183	FC815C	PFLAUMEN, IN DOSEN	25.0	36.0	100	4	1	1.0	RPC1
184	FC001C	ORANGENKONFITUERE	11.1	16.7	50	7	1	1.0	RPC2
185	FC002C	APRIKOSENKONFITUERE	12.2	17.8	50	7	1	1.0	RPC2
186	FC003C	BROMBEERKONFITUERE	20.0	24.4	50	7	1	1.0	RPC2
187	FC004C	ERDBEERKONFITUERE	22.2	27.8	50	7	1	1.0	RPC2
188	FC005C	HEIDELBEERKONFITUERE	20.0	25.6	50	7	1	1.0	RPC2
189	FC006C	HIMBEERKONFITUERE	15.6	20.0	50	7	1	1.0	RPC2
190	FC007C	JOHANNISBEERKONFITUERE	14.4	19.4	50	7	1	1.0	RPC2
191	FC008C	KIRSCHKONFITUERE	20.0	24.4	50	7	1	1.0	RPC2
192	FC009C	PFLAUMENKONFITUERE	16.7	21.1	50	7	1	1.0	RPC2
193	FC010C	QUITTENKONFITUERE	10.0	16.1	50	7	1	1.0	RPC2
194	FC011C	HAGEBUTTENKONFITUERE	13.3	18.3	50	7	1	1.0	RPC2
195	FC012C	MEHRFRUCHTMARMELADE	9.4	14.4	50	7	1	1.0	RPC2
196	GC010C	APFELSAFT	7.0	18.0	100	7	3	2.0	RGC1
197	GC301C	JOHANNISBEERSAFT, ROT	11.0	24.0	100	7	3	2.0	RGC1
198	GC302C	JOHANNISBEERSAFT, SCHWARZ	32.0	51.0	100	7	3	2.0	RGC1
199	GC304C	HIMBEERSAFT, FRISCH GEPRESST	27.0	46.0	100	7	3	2.0	RGC1
200	GC305C	HOLUNDERBEERSAFT	12.0	23.0	100	7	3	2.0	RGC1

NR	ABK	BEZEICHNUNG	PGROS	PDET	PORT	WF1	WF2	SCH	BER
201	GC401C	TRAUBENSAFT	31.0	48.0	100	7	3	2.0	RGC1
202	GC81C1C	ORANGENSAFT, FRISCH GEPRESST	8.0	13.0	100	7	3	2.0	RGC1
203	GC8C2C	ORANGENSAFT, UNGESUESST	6.0	10.0	100	7	3	2.0	RGC1
204	GC8C3C	GRAPEFRUITSAFT	9.0	14.0	100	7	3	2.0	RGC1
205	GC9C2C	KAROTTENSAFT	19.0	28.0	100	7	3	2.0	RGC1
206	GC9C8C	TOMATENSAFT	21.0	30.0	100	7	3	2.0	RGC1
207	GC911C	ROTE-RUEBEN-SAFT	17.0	25.0	100	7	3	2.0	RGC1
208	RC1C1C	BLUETENHONIG	55.0	85.0	50	7	1	1.0	RGC1
209	RC2G1C	ZUCKER	3.3	3.8	25	1	1	2.0	RRC1
210	RC2C21	ROHZUCKER, AUS ZUCKERROHR (BRA	2.5	3.0	25	1	1	2.0	RRC1
211	RC5C2C	EISCREME	32.0	45.0	100	7	3	1.0	RRC2
212	RC5C3C	FRUCHTEIS	45.0	70.0	100	7	3	1.0	RRC2
213	RC5C4C	MILCHSPEISEEIS	60.0	90.0	100	7	3	1.0	RRC2
214	UC1C1C	KAFFEE, GEROESTET	7.8	10.8	10	1	1	3.0	
215	UC301C	SCHWARZTEE	2.5	3.2	3	1	1	3.0	
216	WC2C1C	MAYONNAISE, FETTREICH	8.3	11.5	10	7	1	1.0	
217	WC3C1C	BRUEHWUERFEL	.5	.9	5	1	1	1.0	
218	WC3C3C	SPEISEWUERZEN, FLUESSIG	.4	.8	5	1	1	1.0	
219	WC4C3C	TOMATENKETCHUP	8.8	14.0	10	7	1	1.0	

Legende zu Tabelle A-1:

Kol. 1:	NR	fortlaufende Numerierung der Nahrungsmittel
Kol. 2:	ABK	Kurzbezeichnung wie sie in den Programmen verwendet wurde
Kol. 3:	BEZEICHNUNG	Bezeichnung der Nahrungsmittel nach Souci et al. [33]
Kol. 4:	PGROS	Grossistenpreis / Portion in Rappen
Kol. 5:	PDET	Detaillistenpreis / Portion in Rappen
Kol. 6:	PORT	Grösse einer Portion in Gramm
Kol. 7:	WF1	Wiederholungsfaktor 1 (s. Kap. 4) gibt an, mit welchem Faktor der Preis in der Folgeoptimierung multipliziert werden soll, falls dieses Nahrungsmittel in der aktuellen Optimierung in der Lösung ist. Dieser Faktor wird nach jeder weiteren Folgeoptimierung um 1 vermindert bis auf 1, sofern der WF2 = 1 ist.
Kol. 8:	WF2	Wiederholungsfaktor 2 gibt an, während wievielen Folgeoptimierungen der WF1 auf seiner ursprünglichen Höhe bleiben soll. Dieser Faktor wird nach jeder Folgeoptimierung um 1 vermindert bis auf 1.
Kol. 9:	SCH	Schranken (s. Kap. 2.2.2.)
Kol. 10:	BBR	Bedarfsbereiche (s. Kap. 2.2.3.)

Nr der Restr.	Art der Restriktion	Einh.	Abk.	Vollk./ leichte Kost	Mast-kost	Magen-schon-kost	Reduk-tions-kost	Nieren-schon-kost
1	Protein gesamt	gr	PGES	≥ 70	≥ 100	≥ 50	≥ 60	≤ 30
2	Protein animalisch	gr	PANI	≥ 35	≥ 50	≥ 50	≥ 30	= 0
3	Fett gesamt	gr	FGES	≥ 70	≥ 150	≥ 80	≤ 20	≤ 20
4	Fett animalisch	gr	FANI	≥ 50	≥ 100	≥ 60	≤ 20	= 0
5	Kohlenhydrate ges.	gr	KGES	≥ 405	≥ 500	≥ 380	≤ 100	≤ 100
6	Faserstoffe	gr	KFAS	≥ 2	≥ 5	≥ 3	≥ 8	-
7	Natrium	mg	NATR	≤ 5000	≤ 5000	≤ 4000	≤ 1000	≤ 400
8	Kalium	mg	KALI	-	-	-	-	≤ 1000
9	Calcium	mg	CALC	≥ 630	≥ 630	≥ 630	≥ 630	≥ 400 *)
10	Cholesterin	mg	CHOL	≤ 350	≤ 350	≤ 350	≤ 350	≤ 350
11	Kcalorien	kcal	KCAL	≥ 2500	≥ 4000	≥ 2500	≤ 1000	≤ 800
12	Vitamin A	mg	VITA	≥ 1.7	≥ 1.7	≥ 1.7	≥ 1.7	≥ 1.7
13	Vitamin C	mg	VITC	≥ 75	≥ 75	≥ 75	≥ 75	≥ 75
14	Vitamin B_1	mg	VIB1	≥ 1.3	≥ 1.3	≥ 1.3	≥ 1.3	≥ 1.0 *)
15	Vitamin B_2	mg	VIB2	≥ 1.8	≥ 1.8	≥ 1.8	≥ 1.8	≥ 1.0 *)

Tabelle A-2a: Restriktionswerte für verschiedene Diäten

*) Infolge der Restriktionen 2 und 4 (animalische Komponenten) müssen diese Werte herabgesetzt werden, da sie meist in tierischen Produkten vorkommen. Der minimale Tagesbedarf muss also für diese Diät künstlich gedeckt werden.

1 Nr der Restr.	2 Art der Restriktion	3 Abkürzung	4 Vollk./ leichte Kost	5 Mastkost	6 Magenschonkost	7 Reduktionskost	8 Nierenschonkost
16	Milch	RA01	3 - 5	3 - 7	0 - 5	0 - 5	0 - 5
17	Yoghurt	RA02	0 - 1	0 - 2	0 - 2	0 - 1	0 - 1
18	Rahm	RB01	0 - 2	0 - 3	0 - 3	0 - 2	0 - 2
19	Käse	RC01	0 - 1	0 - 2	0 - 2	0 - 1	0 - 1
20	Butter, Margarine	RE01	0 - 1	0 - 2	0 - 1	0 - 1	0 - 1
21	Oel	RE02	0 - 2	0 - 3	0 - 2	0 - 2	0 - 2
22	Fleisch, Fisch	RF01	1 - 2	1 - 3	0 - 2	0 - 2	0 - 2
23	Getreide	RK01	0 - 1	0 - 2	0 - 1	0 - 1	0 - 1
24	Brot	RL01	3 - 6	4 - 8	0 - 6	0 - 6	0 - 6
25	Beilagen	RM01	1 - 2	1 - 3	0 - 2	0 - 2	0 - 2
26	Gemüse	RN01	1 - 2	2 - 4	0 - 2	0 - 2	0 - 2
27	Pilze	RO01	0 - 1	0 - 2	0 - 1	0 - 1	0 - 1
28	Früchte	RP01	1 - 2	1 - 3	0 - 2	0 - 2	0 - 2
29	Konfitüre	RP02	0 - 1	0 - 2	0 - 1	0 - 1	0 - 1
30	Fruchtsäfte	RQ01	0 - 2	0 - 3	0 - 2	0 - 2	0 - 2
31	Zucker	RR01	0 - 5	0 - 7	0 - 5	0 - 5	0 - 5
32	Eis	RR02	0 - 1	0 - 2	0 - 1	0 - 1	0 - 1

Tabelle A-2b: Geschmacksrestriktionen (Bedarfsbereiche) für verschiedene Diäten

Kol. 1: Nummer der Restriktion
Kol. 2: Gruppen, in welchen Nahrungsmittel mit ähnlichen Eigenschaften zusammengefasst wurden. Die Zugehörigkeit der einzelnen Nahrungsmittel zu diesen Gruppen ist aus Tabelle A-1 ersichtlich.
Kol. 3: In der Tabelle A-1, Kol. 10, verwendete Abkürzungen
Kol. 4-8: Schwankungsbreite der Bedarfsbereiche in Portionen (s.Kap. 2.2.3.)

Nr der Rest.	Abk.		Restr. wert	Nr der Optimierung 1	2	3	4	5	6	7	8	Schnitt	
1	PGES	≥	70.0	- 2.6	- 3.4	+ 11.8	+ 12.8	+ 10.5	- 9.5	+ 3.9	+ 36.5	+ 7.5	
2	PANI	≥	35.0	- 18.4	- 9.2	- 12.7	- 10.9	+ 5.9	- 8.3	- 5.8	+ 42.9	- 2.1	*
3	FGES	≥	70.0	- 21.2	- 13.6	- 5.5	- 13.3	- 5.0	- 21.1	- 13.5	- 4.4	- 12.2	*
4	FANI	≥	50.0	- 4.2	- 16.9	+ 12.6	- 10.8	- 4.9	- 13.7	- 15.6	- 1.6	- 6.9	*
5	KGES	≥	405.0	- 1.4	- 1.3	- 4.7	- .9	- 1.9	- 2.6	- .5	- 2.3	- 2.0	*
6	KFAS	≥	2.0	+ 228.8	+ 118.0	+ 339.1	+ 150.3	+ 261.7	+ 177.3	+ 125.9	+ 99.3	+ 187.5	
7	NATR	≤	5000.0	- 19.8	- 73.6	- 71.5	- 51.2	- 55.1	- 52.9	- 50.9	- 74.0	- 56.0	
8	KALI	≥	.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	CALC	≥	630.0	- 28.1	- 19.5	+ 17.2	+ 13.5	+ 20.1	+ 10.2	+ 22.8	+ 15.8	+ 6.5	
10	CHOL	≤	350.0	- 98.0	- 38.2	- 86.1	- 86.3	- 32.9	- 86.1	- 86.1	- 37.2	- 68.9	
11	KCAL	≥	2500.0	- 2.8	- .8	+ .7	+ 1.3	+ 2.6	- 4.4	+ .5	+ 5.5	+ .3	
12	VITA	≥	1.7	- 16.2	- 21.4	- 53.2	- 22.9	- 31.5	- 52.4	- 26.3	- 15.3	- 29.8	*
13	VITC	≥	75.0	- 43.1	- 43.8	- 39.8	- 33.9	- 39.1	- 44.4	- 35.0	- 40.4	- 40.0	*
14	VIB1	≥	1.3	+ 6.6	- 26.9	+ 8.2	+ 9.0	- 3.0	+ 4.5	- 13.2	- 29.8	- 5.6	*
15	VIB2	≥	1.8	- 9.3	- 17.5	- 19.5	- 20.7	- 13.6	- 15.6	- 13.7	- 15.7	- 15.7	*

Tabelle A-3: Abweichungen vom Restriktionswert in % beim Nachrechnen mit schlechtesten Werten bei 8 Folgeoptimierungen für Vollkost / leichte Kost
* bedeutet Verletzung der Restriktion

Nr der Rest.	Abk.	Restr. wert	Nr der Optimierung 1	2	3	4	5	6	7	8	Schnitt	
1	PGES	≥ 100.0	+ 22.2	+ .1	+ 12.2	- 4.1	+ 4.3	- 5.8	+ .1	+ 13.1	+ 5.2	
2	PANI	≥ 50.0	- 12.8	- 7.4	- 9.1	- 7.8	+ 8.9	- 5.5	+ 5.2	+ 17.9	- 1.2	*
3	FGES	≥ 150.0	- 14.9	- 11.0	- 6.6	- 5.8	- 3.6	- 3.2	- 2.2	- 13.2	- 7.5	*
4	FANI	≥ 100.0	- 6.2	+ 4.0	+ 12.1	+ 12.9	+ 15.8	+ 8.6	+ 18.6	- 1.2	+ 8.1	
5	KGES	≥ 500.0	- 1.5	+ 2.5	- 3.2	+ 3.8	+ .2	- 1.2	+ 5.2	- 1.1	+ .6	
6	KFAS	≥ 5.0	+ 81.4	+ 12.2	+ 93.6	+ 21.4	+ 76.4	+ 54.4	+ 16.5	+ 28.0	+ 48.0	
7	NATR	≤ 5000.0	+ .7	- 17.0	- 29.4	- 43.5	- 7.7	+ 16.5	- 39.6	- 46.4	- 20.8	
8	KALI	≥ .0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	CALC	≥ 630.0	+ 14.5	+ 48.4	+ 91.9	+ 87.5	+ 47.5	+ 82.4	+ 52.0	+ 125.7	+ 68.7	
10	CHOL	≤ 350.0	- 80.8	- 2.9	- 47.1	- 37.8	- 2.7	- 51.3	- 51.4	+ 15.0	- 32.4	
11	KCAL	≥ 4000.0	- 7.4	- 6.2	- 6.3	- 4.1	- 4.3	- 5.9	- 1.7	- 7.4	- 5.4	*
12	VITA	≥ 1.7	- 13.2	+ 17.5	- 24.3	- 10.5	- 12.4	- 4.4	- 13.5	+ 22.0	- 4.9	*
13	VITC	≥ 75.0	- 42.6	- 45.6	- 41.6	- 24.1	- 49.7	- 37.4	- 34.1	- 40.5	- 39.5	*
14	VIB1	≥ 1.3	+ 55.1	- 24.4	+ 55.1	+ 15.8	+ 23.2	+ 31.3	+ 21.7	+ 4.7	+ 22.8	
15	VIB2	≥ 1.8	+ 1.2	- 11.7	+ 25.4	+ 25.7	+ 3.8	+ 28.3	+ 6.0	+ 17.7	+ 12.1	

Tabelle A-4: Abweichungen vom Restriktionswert in % beim Nachrechnen mit schlechtesten Werten bei 8 Folgeoptimierungen für Mastkost
* bedeutet Verletzung der Restriktion

Nr der Rest.	Abk.	Restr. wert		Nr der Optimierung 1	2	3	4	5	6	7	8	Schnitt	
1	PCES	≥	50.0	+ 42.7	+ 59.1	+ 187.7	+ 55.9	+ 55.0	+ 49.8	+ 52.1	+ 73.6	+ 72.0	
2	PANI	≥	50.0	- 16.3	- 9.7	- 5.0	- 5.0	- 9.7	- 4.5	- 5.2	- 4.0	- 7.4	*
3	FGES	≥	80.0	- 20.2	- 13.0	- 8.6	- 5.9	- 7.1	- 4.6	- 7.2	- 6.8	- 9.2	*
4	FANI	≥	60.0	- 1.9	- 15.4	- 9.7	- 5.2	- 6.9	- 4.5	- 7.0	- 6.1	- 7.1	*
5	KGES	≥	380.0	- .9	- 1.3	. 3.7	- .8	+ .8	- 3.9	- .6	- 1.8	- 1.5	*
6	KFAS	≥	3.0	- 12.9	- 4.5	- 8.9	- 15.2	- 16.4	- 13.9	- 24.8	- 17.4	- 14.2	*
7	NATR	≤	4000.0	- 2.2	- 67.6	- 33.1	- 74.9	- 56.5	- 20.3	- 68.7	- 69.5	- 49.1	
8	KALI	≥	.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	CALC	≥	630.0	+ 6.2	+ 28.9	+ 46.3	+ 94.3	+ 38.1	+ 102.0	+ 45.1	+ 135.3	+ 62.0	
10	CHOL	≤	350.0	- 89.2	+ 9.0	+ 3.5	+ 3.5	+ 10.3	+ 3.5	+ 3.5	+ 11 2	- 5.5	
11	KCAL	≥	2500.0	- 2.8	+ .5	+ 10.8	+ 2.6	+ 2.2	+ .6	+ 2.0	+ 3.2	+ 2.4	
12	VITA	≥	1.7	- 48.1	- 65.7	- 47.6	- 35.1	- 12.9	- 51.4	- 55.0	- 11.1	- 40.9	*
13	VITC	≥	75.0	- 43.9	- 33.5	- 28.5	- 36.2	- 34.2	- 14.0	- 44.3	- 40.6	- 34.4	*
14	VIB1	≥	1.3	- 11.1	- 14.0	- 22.6	- 26.8	- 26.3	- 23.2	- 19.8	- 42.7	- 23.3	*
15	VIB2	≥	1.8	- 12.6	- 3.5	- 14.6	- 10.7	- 6.1	- .5	- 1.3	- 16.0	- 8.2	*

Tabelle A-5: Abweichungen vom Restriktionswert in % beim Nachrechnen mit schlechtesten Werten bei 8 Folgeoptimierungen für Magenschonkost
* bedeutet Verletzung der Restriktion

Nr der Rest.	Abk.	Restr. wert	Nr der Optimierung 1	2	3	4	5	6	7	8	Schnitt
1	PGES	≥ 60.0	- 11.2	- 12.4	- 13.8	- 11.0	- 12.8	- 11.7	- 13.7	- 13.1	- 12.5 *
2	PANI	≥ 30.0	- 11.4	- 13.1	- 11.9	+ 4.6	- 11.3	+ 20.3	- 6.9	+ 13.0	- 2.1 *
3	FGES	≤ 20.0	- 34.1	+ 19.8	+ 9.8	+ 13.3	+ 11.1	+ 13.1	+ 11.1	+ 13.4	+ 7.2 *
4	FANI	≤ 20.0	- 64.1	- 13.1	- 35.3	- 35.5	- 39.2	- 21.2	- 31.2	- 33.3	- 34.1
5	KGES	≤ 100.0	+ 3.6	+ 3.7	+ 1.9	+ 2.5	+ 3.4	+ 2.9	+ 1.7	+ 4.6	+ 3.0 *
6	KFAS	≥ 8.0	- 13.0	- 20.8	- 17.6	- 14.0	- 14.0	- 19.9	- 14.0	- 18.2	- 16.4 *
7	NATR	≤ 1000.0	+ 35.3	+ 23.9	- 47.6	+ 23.6	+ 24.6	+ 22.0	+ 23.1	+ 22.0	+ 15.9 *
8	KALI	≥ .0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	CALC	≥ 630.0	- 24.0	- 18.8	+ 17.1	+ 31.5	- 11.1	+ 16.3	+ 10.4	+ 3.2	+ 3.1
10	CHOL	≤ 350.0	- 97.3	- 95.5	- 82.5	- 87.8	- 27.2	- 91.4	- 60.1	- 97.3	- 79.9
11	KCAL	≤ 1000.0	- 20.3	- 6.1	- 7.9	- 7.9	- 7.4	- 7.9	- 7.9	- 7.2	- 9.1
12	VITA	≥ 1.7	- 11.2	- 2.1	- 26.9	+ 278.8	- 8.4	- 15.2	- 29.6	- 24.7	+ 20.1
13	VITC	≥ 75.0	- 5.2	- 42.0	- 49.8	- 12.1	+ 2.0	- 16.0	- 41.3	- 26.4	- 23.9 *
14	VIB1	≥ 1.3	- 27.4	- 27.3	- 38.8	- 19.7	- 20.6	- 12.5	- 45.4	- 9.8	- 25.2 *
15	VIB2	≥ 1.8	- 10.4	- 21.5	- 16.3	+ .2	- 11.1	- 14.0	- 12.3	- 20.5	- 13.2 *

Tabelle A-6: Abweichungen vom Restriktionswert in % beim Nachrechnen mit schlechtesten Werten bei 8 Folgeoptimierungen für Reduktionskost
* bedeutet Verletzung der Restriktion

Nr der Rest.	Abk.	Restr. wert	Nr der Optimierung 1	2	3	4	5	6	7	8	Schnitt
1	PGES	≤ 30.0	+ 8.9	+ 2.3	+ 11.4	+ 10.5	+ 8.9	+ 8.9	+ 8.9	+ 9.0	+ 8.6 *
2	PANI	= .0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	FGES	≤ 20.0	.0	+ 12.2	+ .4	+ .3	.0	.0	.0	+ 11.2	+ 3.0 *
4	FANI	= .0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	KGES	≤ 100.0	+ 4.3	+ 3.2	+ 4.6	+ 4.8	+ 4.3	+ 4.3	+ 4.3	+ 4.3	+ 4.3 *
6	KFAS	≥ .0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	NATR	≤ 400.0	- 10.3	- 57.7	- 15.4	- 14.7	- 10.3	- 10.3	- 10.3	- 6.2	- 16.9
8	KALI	≤ 1000.0	+ 11.8	+ 10.8	+ 13.8	+ 11.6	+ 11.0	+ 11.0	+ 11.0	+ 10.9	+ 11.4 *
9	CALC	≥ 400.0	- 27.2	- 26.1	- 25.5	- 25.8	- 27.2	- 27.2	- 27.2	- 27.2	- 26.7 *
10	CHOL	≤ 350.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	KCAL	≤ 800.0	- 6.5	- 5.3	- 5.9	- 6.0	- 6.5	- 6.5	- 6.5	- 3.9	- 5.9
12	VITA	≥ 1.7	- 4.5	- 1.5	+ 3.5	- .3	- 4.5	- 4.5	- 4.5	- 5.1	- 2.7 *
13	VITC	≥ 75.0	- 38.5	- 32.7	- 21.6	- 29.6	- 38.5	- 38.5	- 38.5	- 39.5	- 34.7 *
14	VIB1	≥ 1.0	- 31.8	- 24.8	- 28.0	- 28.5	- 31.8	- 31.8	- 31.8	- 32.0	- 30.1 *
15	VIB2	≥ 1.0	- 32.6	- 25.9	- 30.0	- 31.8	- 32.6	- 32.6	- 32.6	- 32.6	- 31.4 *

Tabelle A-7: Abweichungen vom Restriktionswert in % beim Nachrechnen mit schlechtesten Werten bei 8 Folgeoptimierungen für Nierenschonkost
* bedeutet Verletzung der Restriktion

```
                                INTRODUCTION-PROBLEM CHARACTERISTICS
                                ************************************

        NUMBER OF LOGICAL VARIABLES              =       436
        NUMBER OF OBJECTIVE FUNCTIONS            =        14
        NUMBER OF SLACK VARIABLES                =       422
        NUMBER OF STRUCTURAL VARIABLES           =       354

        NUMBER OF NON ZERO MATRIX COEFFICIENTS =     95886

        NAME OF RHS                              =  REST1     .NUMBER OF NON ZERO ELEMENTS STORED =       395

        NAME OF RANGES SET                       =  TOLR1     .NUMBER OF NON ZERO ELEMENTS STORED =         6

        NAME OF BOUNDS SET                       =  BND01     .NUMBER OF NON ZERO ELEMENTS STORED =       219

        NUMBER OF CARD READ                      =     51962
        PROBLEM DENSITY AFTER INPUT              =     .6212

       .END OF INTRODUCTION

***CONVERSION                CP TIME    597605MS  PP TIME     32280MS
        #BND=BND01#
        #RNG=TOLR1#
        #NOLIST#

                                CONVERSION - PROBLEM CHARACTERISTICS
                                ====================================

        NUMBER OF LOGICAL VARIABLES          =       436
        NUMBER OF FREE ROWS                  =        14
        NUMBER OF SLACKS                     =       422
        NUMBER OF STRUCTURAL VARIABLES       =       354
        NON ZERO ENTRIES IN BINARY MATRIX    =     68336
        ZERO ENTRIES ELIMINATED FROM MATRIX  =     27972
        NUMBER OF 0-1 VARIABLES              =         0
        NUMBER OF INTEGER VARIABLES          =         0
        PROBLEM DENSITY AFTER CONVERSION     =     .1984

       .END OF CONVERSION

***SELECTION                 CP TIME    637145MS  PP TIME     37840MS
        #OBJ=ZIFL01#
        #RHS=REST1#
```

Tabelle A-8: Output von OPHELIE II

```
                                                                    *REINVER*

***************CP TIME =      727743**********PP TIME =      179960***************

*******ELAPSED CP TIME IN THE LAST INVERT =        916 AVERAGE CP TIME =       1057
   1 M   385 2    0    0.          1   -2.902E-01    61    32      1.51046E+02       389      2720

                                                                    *REINVER*

***************CP TIME =      731258**********PP TIME =      188800***************

*******ELAPSED CP TIME IN THE LAST INVERT =       1042 AVERAGE CP TIME =       1056
   1 M   400 2    0    0.          1   -1.221E-01    46    38      1.47283E+02       384      2760

                                                                    *REINVER*

***************CP TIME =      734417**********PP TIME =      198640***************

*******ELAPSED CP TIME IN THE LAST INVERT =        986 AVERAGE CP TIME =       1052
   1 M   406 2    0    0.          1   -2.548E+00   715   177      1.47003E+02       992      4120

  END OF CRASHING 2.OPTIMUM

 ***OPTIMIZE                  CP TIME    740797MS  PP TIME    214800MS

       OPTIMUM PRESUMPTION

 ***OUTPUT                    CP TIME    741961MS  PP TIME    219040MS
         *BASIS ONLY*
```

TWOSTAGE

SOLUTION TYPE = PHASE 2 - OPTIMUM

NUMBER OF BASIS CHANGE
SINCE THE START OF THE PROBLEM = 419
NAME OF THE OBJECTIVE FUNCTION = ≠ZIEL01≠
NAME OF SELECTED ISET = ≠≠
NAME OF SELECTED RHS = ≠REST1≠
NAME OF SELECTED RANGES SET = ≠TOLR1≠
NAME OF SELECTED BOUNDS SET = ≠BND01≠
VALUE OF THE OBJECTIVE FUNCTION = 146.98137

BASIC VARIABLES

TYP	VARIABLE NAME	STA	VALUE	CONSTRAINT VALUE	CONSTRAINT LOWER BOUND	CONSTRAINT UPPER BOUND	DUAL VALUE	COMMENTS
F	ZIEL01	B	-146.98137	146.98137	NONE	NONE	1.00000	
F	ZIEL02	B	-146.94343	146.94343	NONE	NONE	0.00000	
F	ZIEL03	B	-146.91813	146.91813	NONE	NONE	0.00000	
F	ZIEL04	B	-146.91813	146.91813	NONE	NONE	0.00000	
F	ZIEL05	B	-146.98291	146.98291	NONE	NONE	0.00000	
F	ZIEL06	B	-146.91552	146.91552	NONE	NONE	0.00000	
F	ZIEL07	B	-146.18873	146.18873	NONE	NONE	0.00000	
F	ZIEL08	B	-146.19058	146.19058	NONE	NONE	0.00000	
F	ZIEL09	B	-146.11286	146.11286	NONE	NONE	0.00000	
F	ZIEL10	B	-146.10973	146.10973	NONE	NONE	0.00000	
F	ZIEL11	B	-146.98975	146.98975	NONE	NONE	0.00000	
F	ZIEL12	B	-146.94764	146.94764	NONE	NONE	0.00000	
F	ZIEL13	B	-146.90506	146.90506	NONE	NONE	0.00000	
F	ZIEL14	B	-146.90550	146.90550	NONE	NONE	0.00000	
M	PGES01	BF	8.71760	78.71760	70.00000		0.00000	
M	FAN101	BF	9.54962	59.54962	50.00000		0.00000	

TWOSTAGE *ZIEL01* ** *REST1*

TYPE	VARIABLE NAME	STAT	VALUE	CONSTRAINT VALUE	CONSTRAINT LOWER BOUND	CONSTRAINT UPPER BOUND	DUAL VALUE	COMMENTS
M	KGES01	BF	.00000	405.00000	405.00000		0.00000	
M	KFAS01	BF	5.56810	7.56810	2.00000		0.00000	
P	NATR01	BF	2709.51576	2290.48424		5000.00000	0.00000	
M	KALI01	BF	2966.01844	2966.01844	-0.00000		0.00000	
P	CHOL01	BF	321.50000	28.50000		350.00000	0.00000	
M	KCAL01	BF	134.23963	2634.23964	2500.00000		0.00000	
M	VITA01	BF	.22282	1.92282	1.70000		0.00000	
M	VIB101	BF	.18942	1.48942	1.30000		0.00000	
M	VIB201	BF	.08623	1.88623	1.80000		0.00000	
M	PGES02	BF	8.71760	78.71760	70.00000		0.00000	
M	PANI02	BF	.00000	35.00000	35.00000		0.00000	
M	FANI02	BF	9.54962	59.54962	50.00000		0.00000	
M	KFAS02	BF	5.56810	7.56810	2.00000		0.00000	
P	NATR02	BF	2709.51576	2290.48424		5000.00000	0.00000	
M	KALI02	BF	2966.01844	2966.01844	-0.00000		0.00000	
P	CHOL02	BF	321.50000	28.50000		350.00000	0.00000	
M	KCAL02	BF	134.23963	2634.23964	2500.00000		0.00000	
M	VITA02	BF	.22282	1.92282	1.70000		0.00000	
M	VIB102	BF	.54867	1.84867	1.30000		0.00000	
M	VIB202	BF	.36741	2.16741	1.80000		0.00000	
M	PGES03	BF	8.71760	78.71760	70.00000		0.00000	
M	PANI03	BF	.00000	35.00000	35.00000		0.00000	
M	FANI03	BF	9.54962	59.54962	50.00000		0.00000	
M	KFAS03	BF	5.56810	7.56810	2.00000		0.00000	
P	NATR03	BF	2709.51576	2290.48424		5000.00000	0.00000	
M	KALI03	BF	2966.01844	2966.01844	-0.00000		0.00000	
P	CHOL03	BF	321.50000	28.50000		350.00000	0.00000	
M	KCAL03	BF	134.23963	2634.23964	2500.00000		0.00000	
M	VITA03	BF	.22282	1.92282	1.70000		0.00000	
M	VIB103	BF	1.40011	2.70011	1.30000		0.00000	
M	VIB203	BF	.85102	2.65102	1.80000		0.00000	
M	PGES04	BF	8.71760	78.71760	70.00000		0.00000	
M	PANI04	BF	.00000	35.00000	35.00000		0.00000	
M	FANI04	BF	9.54962	59.54962	50.00000		0.00000	
M	KFAS04	BF	5.56810	7.56810	2.00000		0.00000	
P	NATR04	BF	2709.51576	2290.48424		5000.00000	0.00000	
M	KALI04	BF	2966.01844	2966.01844	-0.00000		0.00000	
P	CHOL04	BF	321.50000	28.50000		350.00000	0.00000	
M	KCAL04	BF	134.23963	2634.23964	2500.00000		0.00000	
M	VITA04	BF	3.71562	5.41562	1.70000		0.00000	

TWOSTAGE #ZIEL01# ## #REST1#

TYPE	VARIABLE NAME	STAT	VALUE	CONSTRAINT VALUE	CONSTRAINT LOWER BOUND	CONSTRAINT UPPER BOUND	DUAL VALUE	COMMENTS
M	VITC04	BF	49.03810	124.03810	75.00000		0.00000	
M	VIB104	BF	.18942	1.48942	1.30000		0.00000	
M	VIB204	BF	.08623	1.88623	1.80000		0.00000	
M	PGES05	BF	8.71760	78.71760	70.00000		0.00000	
M	PANI05	BF	.00000	35.00000	35.00000		0.00000	
M	FGES05	BF	-.00000	70.00000	70.00000		0.00000	
M	FANI05	BF	9.54962	59.54962	50.00000		0.00000	
M	KFAS05	BF	5.56810	7.56810	2.00000		0.00000	
P	NATR05	BF	2709.51576	2290.48424		5000.00000	0.00000	
M	KALI05	BF	2966.01844	2966.01844	-0.00000		0.00000	
P	CHOL05	BF	321.50000	28.50000		350.00000	0.00000	
M	KCAL05	BF	134.23963	2634.23964	2500.00000		0.00000	
M	VITA05	BF	3.71562	5.41562	1.70000		0.00000	
M	VITC05	BF	49.03810	124.03810	75.00000		0.00000	
M	VIB105	BF	.54867	1.84867	1.30000		0.00000	
M	VIB205	BF	.36741	2.16741	1.80000		0.00000	
M	PGES06	BF	8.71760	78.71760	70.00000		0.00000	
M	PANI06	BF	.00000	35.00000	35.00000		0.00000	
M	FGES06	BF	.00000	70.00000	70.00000		0.00000	
M	FANI06	BF	9.54962	59.54962	50.00000		0.00000	
M	KFAS06	BF	5.56810	7.56810	2.00000		0.00000	
P	NATR06	BF	2709.51576	2290.48424		5000.00000	0.00000	
M	KALI06	BF	2966.01844	2966.01844	-0.00000		0.00000	
P	CHOL06	BF	321.50000	28.50000		350.00000	0.00000	
M	KCAL06	BF	134.23963	2634.23964	2500.00000		0.00000	
M	VITA06	BF	3.71562	5.41562	1.70000		0.00000	
M	VITC06	BF	49.03810	124.03810	75.00000		0.00000	
M	VIB106	BF	1.40011	2.70011	1.30000		0.00000	
M	VIB206	BF	.85102	2.65102	1.80000		0.00000	
M	PGES07	BF	8.71760	78.71760	70.00000		0.00000	
M	PANI07	BF	.00000	35.00000	35.00000		0.00000	
M	FGES07	BF	-.00000	70.00000	70.00000		0.00000	
M	FANI07	BF	9.54962	59.54962	50.00000		0.00000	
M	KFAS07	BF	5.56810	7.56810	2.00000		0.00000	
P	NATR07	BF	2709.51576	2290.48424		5000.00000	0.00000	
M	KALI07	BF	2966.01844	2966.01844	-0.00000		0.00000	
P	CHOL07	BF	321.50000	28.50000		350.00000	0.00000	
M	KCAL07	BF	134.23963	2634.23964	2500.00000		0.00000	
M	VITA07	BF	7.35760	9.05760	1.70000		0.00000	
M	VITC07	BF	339.83398	414.83398	75.00000		0.00000	

TWOSTAGE #ZIEL01# ## #REST1#

TYPE	VARIABLE NAME	STAT	VALUE	CONSTRAINT VALUE	CONSTRAINT LOWER BOUND	CONSTRAINT UPPER BOUND	DUAL VALUE	COMMENTS
M	VIB107	BF	.18942	1.48942	1.30000		0.00000	
M	VIB207	BF	.08623	1.88623	1.80000		0.00000	
M	PGES08	BF	8.71760	78.71760	70.00000		0.00000	
M	PANI08	BF	.00000	35.00000	35.00000		0.00000	
M	FGES08	BF	-.00000	70.00000	70.00000		0.00000	
M	FANI08	BF	9.54962	59.54962	50.00000		0.00000	
M	KFAS08	BF	5.56810	7.56810	2.00000		0.00000	
P	NATR08	BF	2709.51576	2290.48424		5000.00000	0.00000	
M	KALI08	BF	2966.01844	2966.01844	-0.00000		0.00000	
P	CHOL08	BF	321.50000	28.50000		350.00000	0.00000	
M	KCAL08	BF	134.23963	2634.23964	2500.00000		0.00000	
M	VITA08	BF	7.35760	9.05760	1.70000		0.00000	
M	VITC08	BF	339.83398	414.83398	75.00000		0.00000	
M	VIB108	BF	.54867	1.84867	1.30000		0.00000	
M	VIB208	BF	.36741	2.16741	1.80000		0.00000	
M	PGES09	BF	8.71760	78.71760	70.00000		0.00000	
M	PANI09	BF	.00000	35.00000	35.00000		0.00000	
M	FGES09	BF	-.00000	70.00000	70.00000		0.00000	
M	FANI09	BF	9.54962	59.54962	50.00000		0.00000	
M	KFAS09	BF	5.56810	7.56810	2.00000		0.00000	
P	NATR09	BF	2709.51576	2290.48424		5000.00000	0.00000	
M	KALI09	BF	2966.01844	2966.01844	-0.00000		0.00000	
P	CHOL09	BF	321.50000	28.50000		350.00000	0.00000	
M	KCAL09	BF	134.23963	2634.23964	2500.00000		0.00000	
M	VITA09	BF	7.35760	9.05760	1.70000		0.00000	
M	VITC09	BF	339.83398	414.83398	75.00000		0.00000	
M	VIB109	BF	1.40011	2.70011	1.30000		0.00000	
M	VIB209	BF	.85102	2.65102	1.80000		0.00000	
M	PGES10	BF	13.90829	83.90829	70.00000		0.00000	
M	PANI10	BF	3.60789	38.60789	35.00000		0.00000	
M	FGES10	BF	13.78360	83.78360	70.00000		0.00000	
M	FANI10	BF	21.29818	71.29818	50.00000		0.00000	
M	KGES10	BF	4.28403	409.28403	405.00000		0.00000	
M	KFAS10	BF	6.18007	8.18007	2.00000		0.00000	
P	NATR10	BF	1622.95676	3377.04324		5000.00000	0.00000	
M	KALI10	BF	3258.75074	3258.75074	-0.00000		0.00000	
M	CALC10	BF	157.76217	787.76217	630.00000		0.00000	
P	CHOL10	BF	314.90000	35.10000		350.00000	0.00000	
M	KCAL10	BF	301.27642	2801.27642	2500.00000		0.00000	
M	VITA10	BF	.20652	1.90652	1.70000		0.00000	

TWOSTAGE #ZIEL01# ## #REST1#

TYPE	VARIABLE NAME	STAT	VALUE	CONSTRAINT VALUE	CONSTRAINT LOWER BOUND	CONSTRAINT UPPER BOUND	DUAL VALUE	COMMENTS
M	VIB110	BF	.17491	1.47491	1.30000		0.00000	
M	PGES11	BF	13.90829	83.90829	70.00000		0.00000	
M	PANI11	BF	3.60789	38.60789	35.00000		0.00000	
M	FGES11	BF	13.78360	83.78360	70.00000		0.00000	
M	FANI11	BF	21.29818	71.29818	50.00000		0.00000	
M	KGES11	BF	4.28403	409.28403	405.00000		0.00000	
M	KFAS11	BF	6.18007	8.18007	2.00000		0.00000	
P	NATP11	BF	1622.95676	3377.04324		5000.00000	0.00000	
M	KALI11	BF	3258.75074	3258.75074	-0.00000		0.00000	
M	CALC11	BF	157.76217	787.76217	630.00000		0.00000	
P	CHOL11	BF	314.90000	35.10000		350.00000	0.00000	
M	KCAL11	BF	301.27642	2801.27642	2500.00000		0.00000	
M	VITA11	BF	.20652	1.90652	1.70000		0.00000	
M	VIB111	BF	.53416	1.83416	1.30000		0.00000	
M	VIB211	BF	.28118	2.08118	1.80000		0.00000	
M	PGES12	BF	13.90829	83.90829	70.00000		0.00000	
M	PANI12	BF	3.60789	38.60789	35.00000		0.00000	
M	FGES12	BF	13.78360	83.78360	70.00000		0.00000	
M	FANI12	BF	21.29818	71.29818	50.00000		0.00000	
M	KGES12	BF	4.28403	409.28403	405.00000		0.00000	
M	KFAS12	BF	6.18007	8.18007	2.00000		0.00000	
P	NATR12	BF	1622.95676	3377.04324		5000.00000	0.00000	
M	KALI12	BF	3258.75074	3258.75074	-0.00000		0.00000	
M	CALC12	BF	157.76217	787.76217	630.00000		0.00000	
P	CHOL12	BF	314.90000	35.10000		350.00000	0.00000	
M	KCAL12	BF	301.27642	2801.27642	2500.00000		0.00000	
M	VITA12	BF	.20652	1.90652	1.70000		0.00000	
M	VIB112	BF	1.38560	2.68560	1.30000		0.00000	
M	VIB212	BF	.76480	2.56480	1.80000		0.00000	
M	PGES13	BF	13.90236	83.90236	70.00000		0.00000	
M	PANI13	BF	3.61476	38.61476	35.00000		0.00000	
M	FGES13	BF	13.78537	83.78537	70.00000		0.00000	
M	FANI13	BF	21.30449	71.30449	50.00000		0.00000	
M	KGES13	BF	4.07934	409.07934	405.00000		0.00000	
M	KFAS13	BF	6.17810	8.17810	2.00000		0.00000	
P	NATR13	BF	1622.88922	3377.11078		5000.00000	0.00000	
M	KALI13	BF	3255.69474	3255.69474	-0.00000		0.00000	
M	CALC13	BF	157.70457	787.70457	630.00000		0.00000	
P	CHOL13	BF	314.90000	35.10000		350.00000	0.00000	
M	KCAL13	BF	300.42941	2800.42941	2500.00000		0.00000	

TWOSTAGE #ZIELO1# ## #PEST1#

TYP	VARIABLE NAME	*STA*	VALUE	CONSTRAINT VALUE	CONSTRAINT LOWER BOUND	CONSTRAINT UPPER BOUND	DUAL VALUE	COMMENTS
M	VITA13	*BF*	3.69794*	5.39794*	1.70000*		0.00000*	
M	VITC13	*BF*	48.17584*	123.17584*	75.00000*		0.00000*	
M	VIB113	*BF*	.17347*	1.47347*	1.30000*		0.00000*	
M	PGES14	*BF*	13.89549*	83.89549*	70.00000*		0.00000*	
M	PANI14	*BF*	3.60789*	38.60789*	35.00000*		0.00000*	
M	FGES14	*BF*	13.77907*	83.77907*	70.00000*		0.00000*	
M	FANI14	*BF*	21.29818*	71.29818*	50.00000*		0.00000*	
M	KGES14	*BF*	4.06940*	409.06940*	405.00000*		0.00000*	
M	KFAS14	*BF*	6.17810*	8.17810*	2.00000*		0.00000*	
P	NATR14	*BF*	1622.984339	3377.015674		5000.00000*	0.00000*	
M	KALI14	*BF*	3255.363944	3255.363944	-0.00000*		0.00000*	
M	CALC14	*BF*	157.46681*	787.46681*	630.00000*		0.00000*	
P	CHOL14	*BF*	314.90000*	35.10000*		350.00000*	0.00000*	
M	KCAL14	*BF*	300.30185*	2800.30185*	2500.00000*		0.00000*	
M	VITA14	*BF*	3.69786*	5.39786*	1.70000*		0.00000*	
M	VITC14	*BF*	48.17171*	123.17171*	75.00000*		0.00000*	
M	VIB114	*BF*	.53264*	1.83264*	1.30000*		0.00000*	
M	VIB214	*BF*	.28077*	2.08077*	1.80000*		0.00000*	
M	PGES15	*BF*	13.89549*	83.89549*	70.00000*		0.00000*	
M	PANI15	*BF*	3.60789*	38.60789*	35.00000*		0.00000*	
M	FGES15	*BF*	13.77907*	83.77907*	70.00000*		0.00000*	
M	FANI15	*BF*	21.29818*	71.29818*	50.00000*		0.00000*	
M	KGES15	*BF*	4.06940*	409.06940*	405.00000*		0.00000*	
M	KFAS15	*BF*	6.17810*	8.17810*	2.00000*		0.00000*	
P	NATR15	*BF*	1622.984339	3377.015674		5000.00000*	0.00000*	
M	KALI15	*BF*	3255.363944	3255.363944	-0.00000*		0.00000*	
M	CALC15	*BF*	157.46681*	787.46681*	630.00000*		0.00000*	
P	CHOL15	*BF*	314.90000*	35.10000*		350.00000*	0.00000*	
M	KCAL15	*BF*	300.30185*	2800.30185*	2500.00000*		0.00000*	
M	VITA15	*BF*	3.69786*	5.39786*	1.70000*		0.00000*	
M	VITC15	*BF*	48.17171*	123.17171*	75.00000*		0.00000*	
M	VIB115	*BF*	1.38409*	2.68409*	1.30000*		0.00000*	
M	VIB215	*BF*	.76438*	2.56438*	1.80000*		0.00000*	
M	PGES16	*BF*	13.90236*	83.90236*	70.00000*		0.00000*	
M	PANI16	*BF*	3.61476*	38.61476*	35.00000*		0.00000*	
M	FGES16	*BF*	13.78537*	83.78537*	70.00000*		0.00000*	
M	FANI16	*BF*	21.30449*	71.30449*	50.00000*		0.00000*	
M	KGES16	*BF*	4.07934*	409.07934*	405.00000*		0.00000*	
M	KFAS16	*BF*	6.17810*	8.17810*	2.00000*		0.00000*	
P	NATR16	*BF*	1622.889222	3377.11078*		5000.00000*	0.00000*	

TWOSTAGE #Z1FL01# ## #OEST1#

TYPE	VARIABLE NAME	STAT	VALUE	CONSTRAINT VALUE	CONSTRAINT LOWER BOUND	CONSTRAINT UPPER BOUND	DUAL VALUE	COMMENTS
M	KAL116	BF	3255.69474	3255.69474	-0.00000		0.00000	
M	CALC16	BF	157.70457	787.70457	630.00000		0.00000	
P	CHOL16	BF	314.90000	35.10000		350.00000	0.00000	
M	KCAL16	BF	300.42941	2800.42941	2500.00000		0.00000	
M	VITA16	BF	7.33993	9.03993	1.70000		0.00000	
M	VITC16	BF	338.97172	413.97172	75.00000		0.00000	
M	VIB116	BF	.17347	1.47347	1.30000		0.00000	
M	PGES17	BF	13.89549	83.89549	70.00000		0.00000	
M	PANI17	BF	3.60789	38.60789	35.00000		0.00000	
M	FGES17	BF	13.77907	83.77907	70.00000		0.00000	
M	FANI17	BF	21.29818	71.29818	50.00000		0.00000	
M	KGES17	BF	4.06940	409.06940	405.00000		0.00000	
M	KFAS17	BF	6.17810	8.17810	2.00000		0.00000	
P	NATR17	BF	1622.98433	3377.01567		5000.00000	0.00000	
M	KAL117	BF	3255.36394	3255.36394	-0.00000		0.00000	
M	CALC17	BF	157.46681	787.46681	630.00000		0.00000	
P	CHOL17	BF	314.90000	35.10000		350.00000	0.00000	
M	KCAL17	BF	300.30185	2800.30185	2500.00000		0.00000	
M	VITA17	BF	7.33984	9.03984	1.70000		0.00000	
M	VITC17	BF	338.96758	413.96758	75.00000		0.00000	
M	VIB117	BF	.53264	1.83264	1.30000		0.00000	
M	VIB217	BF	.28077	2.08077	1.80000		0.00000	
M	PGES18	BF	13.89549	83.89549	70.00000		0.00000	
M	PANI18	BF	3.60789	38.60789	35.00000		0.00000	
M	FGES18	BF	13.77907	83.77907	70.00000		0.00000	
M	FANI18	BF	21.29818	71.29818	50.00000		0.00000	
M	KGES18	BF	4.06940	409.06940	405.00000		0.00000	
M	KFAS18	BF	6.17810	8.17810	2.00000		0.00000	
P	NATR18	BF	1622.98433	3377.01567		5000.00000	0.00000	
M	KAL118	BF	3255.36394	3255.36394	-0.00000		0.00000	
M	CALC18	BF	157.46681	787.46681	630.00000		0.00000	
P	CHOL18	BF	314.90000	35.10000		350.00000	0.00000	
M	KCAL18	BF	300.30185	2800.30185	2500.00000		0.00000	
M	VITA18	BF	7.33984	9.03984	1.70000		0.00000	
M	VITC18	BF	338.96758	413.96758	75.00000		0.00000	
M	VIB118	BF	1.38409	2.68409	1.30000		0.00000	
M	VIB218	BF	.76438	2.56438	1.80000		0.00000	
M	PGES19	BF	22.77554	92.77554	70.00000		0.00000	
M	PANI19	BF	10.74514	45.74514	35.00000		0.00000	
M	FGES19	BF	33.78704	103.78704	70.00000		0.00000	

TWOSTAGE #ZIEL01# ## #REST1#

TYPE	VARIABLE NAME	STAT	VALUE	CONSTRAINT VALUE	CONSTRAINT LOWER BOUND	CONSTRAINT UPPER BOUND	DUAL VALUE	COMMENTS
M	FANI19	BF	39.29919	89.29919	50.00000		0.00000	
M	KGES19	BF	10.14324	415.14324	405.00000		0.00000	
M	KFAS19	BF	6.56007	8.56007	2.00000		0.00000	
P	NATR19	BF	854.51265	4145.48735		5000.00000	0.00000	
M	KALI19	BF	3700.91607	3700.91607	-0.00000		0.00000	
M	CALC19	BF	333.88782	963.88782	630.00000		0.00000	
P	CHOL19	BF	307.70000	42.30000		350.00000	0.00000	
M	KCAL19	BF	547.68914	3047.68914	2500.00000		0.00000	
M	VITA19	BF	.20652	1.90652	1.70000		0.00000	
M	VIB119	BF	.17491	1.47491	1.30000		0.00000	
M	PGES20	BF	22.77554	92.77554	70.00000		0.00000	
M	PANI20	BF	10.74514	45.74514	35.00000		0.00000	
M	FGES20	BF	33.78704	103.78704	70.00000		0.00000	
M	FANI20	BF	39.29919	89.29919	50.00000		0.00000	
M	KGES20	BF	10.14324	415.14324	405.00000		0.00000	
M	KFAS20	BF	6.56007	8.56007	2.00000		0.00000	
P	NATR20	BF	854.51265	4145.48735		5000.00000	0.00000	
M	KALI20	BF	3700.91607	3700.91607	-0.00000		0.00000	
M	CALC20	BF	333.88782	963.88782	630.00000		0.00000	
P	CHOL20	BF	307.70000	42.30000		350.00000	0.00000	
M	KCAL20	BF	547.68914	3047.68914	2500.00000		0.00000	
M	VITA20	BF	.20652	1.90652	1.70000		0.00000	
M	VIB120	BF	.53416	1.83416	1.30000		0.00000	
M	VIB220	BF	.28118	2.08118	1.80000		0.00000	
M	PGES21	BF	22.77554	92.77554	70.00000		0.00000	
M	PANI21	BF	10.74514	45.74514	35.00000		0.00000	
M	FGES21	BF	33.78704	103.78704	70.00000		0.00000	
M	FANI21	BF	39.29919	89.29919	50.00000		0.00000	
M	KGES21	BF	10.14324	415.14324	405.00000		0.00000	
M	KFAS21	BF	6.56007	8.56007	2.00000		0.00000	
P	NATR21	BF	854.51265	4145.48735		5000.00000	0.00000	
M	KALI21	BF	3700.91607	3700.91607	-0.00000		0.00000	
M	CALC21	BF	333.88782	963.88782	630.00000		0.00000	
P	CHOL21	BF	307.70000	42.30000		350.00000	0.00000	
M	KCAL21	BF	547.68914	3047.68914	2500.00000		0.00000	
M	VITA21	BF	.20652	1.90652	1.70000		0.00000	
M	VIB121	BF	1.38560	2.68560	1.30000		0.00000	
M	VIB221	BF	.76480	2.56480	1.80000		0.00000	
M	PGES22	BF	22.76961	92.76961	70.00000		0.00000	
M	PANI22	BF	10.75201	45.75201	35.00000		0.00000	

TWOSTAGE #ZIEL01# ## #PEST1#

TYPE	VARIABLE NAME	STAT	VALUE	CONSTRAINT VALUE	CONSTRAINT LOWER BOUND	CONSTRAINT UPPER BOUND	DUAL VALUE	COMMENTS
M	FGES22	BF	33.78881	103.78881	70.00000		0.00000	
M	FANI22	BF	39.30550	89.30550	50.00000		0.00000	
M	KGES22	BF	9.93855	414.93856	405.00000		0.00000	
M	KFAS22	BF	6.55810	8.55810	2.00000		0.00000	
P	NATR22	BF	854.44511	4145.55489		5000.00000	0.00000	
M	KALI22	BF	3697.86007	3697.86007	-0.00000		0.00000	
M	CALC22	BF	333.83023	963.83023	630.00000		0.00000	
P	CHOL22	BF	307.70000	42.30000		350.00000	0.00000	
M	KCAL22	BF	546.84213	3046.84213	2500.00000		0.00000	
M	VITA22	BF	3.69794	5.39794	1.70000		0.00000	
M	VITC22	BF	48.17584	123.17584	75.00000		0.00000	
M	VIB122	BF	.17347	1.47347	1.30000		0.00000	
M	PGES23	BF	22.76274	92.76274	70.00000		0.00000	
M	PANI23	BF	10.74514	45.74514	35.00000		0.00000	
M	FGES23	BF	33.78251	103.78251	70.00000		0.00000	
M	FANI23	BF	39.29919	89.29919	50.00000		0.00000	
M	KGES23	BF	9.92861	414.92861	405.00000		0.00000	
M	KFAS23	BF	6.55810	8.55810	2.00000		0.00000	
P	NATR23	BF	854.54022	4145.45978		5000.00000	0.00000	
M	KALI23	BF	3697.52927	3697.52927	-0.00000		0.00000	
M	CALC23	BF	333.59246	963.59246	630.00000		0.00000	
P	CHOL23	BF	307.70000	42.30000		350.00000	0.00000	
M	KCAL23	BF	546.71457	3046.71457	2500.00000		0.00000	
M	VITA23	BF	3.69786	5.39786	1.70000		0.00000	
M	VITC23	BF	48.17171	123.17171	75.00000		0.00000	
M	VIB123	BF	.53264	1.83264	1.30000		0.00000	
M	VIB223	BF	.28077	2.08077	1.80000		0.00000	
M	PGES24	BF	22.76274	92.76274	70.00000		0.00000	
M	PANI24	BF	10.74514	45.74514	35.00000		0.00000	
M	FGES24	BF	33.78251	103.78251	70.00000		0.00000	
M	FANI24	BF	39.29919	89.29919	50.00000		0.00000	
M	KGES24	BF	9.92861	414.92861	405.00000		0.00000	
M	KFAS24	BF	6.55810	8.55810	2.00000		0.00000	
P	NATR24	BF	854.54022	4145.45978		5000.00000	0.00000	
M	KALI24	BF	3697.52927	3697.52927	-0.00000		0.00000	
M	CALC24	BF	333.59246	963.59246	630.00000		0.00000	
P	CHOL24	BF	307.70000	42.30000		350.00000	0.00000	
M	KCAL24	BF	546.71457	3046.71457	2500.00000		0.00000	
M	VITA24	BF	3.69786	5.39786	1.70000		0.00000	
M	VITC24	BF	48.17171	123.17171	75.00000		0.00000	

TRUSTAGE #ZIELO1# ## #WEST1#

*T *Y *P *t	*VARIABLE NAME	*S *T *A *I	VALUE	CONSTRAINT VALUE	CONSTRAINT LOWER BOUND	CONSTRAINT UPPER BOUND	DUAL VALUE	COMMENTS
*M	*VIB124	*BF	1.784094	2.684094	1.30000		0.00000	
*M	*VIB224	*BF	.764378	2.564378	1.80000		0.00000	
*M	*PGES25	*BF	22.76961	92.76961	70.00000		0.00000	
*M	*PANI25	*BF	10.75201	45.75201	35.00000		0.00000	
*M	*FGES25	*BF	33.78881	103.78881	70.00000		0.00000	
*M	*FANI25	*BF	39.30550	89.30550	50.00000		0.00000	
*M	*KGES25	*BF	9.93855	414.93856	405.00000		0.00000	
*M	*KFAS25	*BF	6.55810	8.55810	2.00000		0.00000	
*P	*NATR25	*BF	854.44511	4145.55489		5000.00000	0.00000	
*M	*KALI25	*BF	3697.86007	3697.86007	-0.00000		0.00000	
*M	*CALC25	*BF	333.83023	963.83023	630.00000		0.00000	
*P	*CHOL25	*BF	307.70000	42.30000		350.00000	0.00000	
*M	*KCAL25	*BF	546.84213	3046.84213	2500.00000		0.00000	
*M	*VITA25	*BF	7.33993	9.03993	1.70000		0.00000	
*M	*VITC25	*BF	338.97172	413.97172	75.00000		0.00000	
*M	*VIB125	*BF	.17347	1.47347	1.30000		0.00000	
*M	*PGES26	*BF	22.76274	92.76274	70.00000		0.00000	
*M	*PANI26	*BF	10.74514	45.74514	35.00000		0.00000	
*M	*FGES26	*BF	33.78251	103.78251	70.00000		0.00000	
*M	*FANI26	*BF	39.29919	89.29919	50.00000		0.00000	
*M	*KGES26	*BF	9.92861	414.92861	405.00000		0.00000	
*M	*KFAS26	*BF	6.55810	8.55810	2.00000		0.00000	
*P	*NATR26	*BF	854.54022	4145.45978		5000.00000	0.00000	
*M	*KALI26	*BF	3697.52927	3697.52927	-0.00000		0.00000	
*M	*CALC26	*BF	333.59246	963.59246	630.00000		0.00000	
*P	*CHOL26	*BF	307.70000	42.30000		350.00000	0.00000	
*M	*KCAL26	*BF	546.71457	3046.71457	2500.00000		0.00000	
*M	*VITA26	*BF	7.33984	9.03984	1.70000		0.00000	
*M	*VITC26	*BF	338.96758	413.96758	75.00000		0.00000	
*M	*VIB126	*BF	.53264	1.83264	1.30000		0.00000	
*M	*VIB226	*BF	.28077	2.08077	1.80000		0.00000	
*M	*PGES27	*BF	22.76274	92.76274	70.00000		0.00000	
*M	*PANI27	*BF	10.74514	45.74514	35.00000		0.00000	
*M	*FGES27	*BF	33.78251	103.78251	70.00000		0.00000	
*M	*FANI27	*BF	39.29919	89.29919	50.00000		0.00000	
*M	*KGES27	*BF	9.92861	414.92861	405.00000		0.00000	
*M	*KFAS27	*BF	6.55810	8.55810	2.00000		0.00000	
*P	*NATR27	*BF	854.54022	4145.45978		5000.00000	0.00000	
*M	*KALI27	*BF	3697.52927	3697.52927	-0.00000		0.00000	
*M	*CALC27	*BF	333.59246	963.59246	630.00000		0.00000	

TWOSTAGE #ZIELJ1# ## #RESTI#

TYPE	VARIABLE NAME	STAT	VALUE	CONSTRAINT VALUE	CONSTRAINT LOWER BOUND	CONSTRAINT UPPER BOUND	DUAL VALUE	COMMENTS
P	CHOL27	BF	307.70000	42.30000		350.00000	0.00000	
M	KCAL27	BF	546.71457	3046.71457	2500.00000		0.00000	
M	VITA27	BF	7.33984	9.03984	1.70000		0.00000	
M	VITC27	BF	338.96758	413.96758	75.00000		0.00000	
M	VIB127	BF	1.38409	2.68409	1.30000		0.00000	
M	VIB227	BF	.76438	2.56438	1.80000		0.00000	
B	RAC1	BF	2.00000	3.00000	3.00000	5.00000	0.00000	
P	RA02	BF	1.00000	0.00000		1.00000	0.00000	
P	RB01	BF	2.00000	0.00000		2.00000	0.00000	
P	RC01	BF	1.00000	0.00000		1.00000	0.00000	
P	REG1	BF	1.00000	0.00000		1.00000	0.00000	
P	RE02	BF	1.75801	.24199		2.00000	0.00000	
B	RMC1	BF	.19216	1.80784	1.00000	2.00000	0.00000	
B	RN01	BF	.93464	1.06536	1.00000	2.00000	0.00000	
P	RO01	BF	1.00000	0.00000		1.00000	0.00000	
P	RP02	BF	1.00000	0.00000		1.00000	0.00000	
P	RQ01	BF	2.00000	0.00000		2.00000	0.00000	
P	RR01	BF	1.00000	4.00000		5.00000	0.00000	
P	RR02	BF	1.00000	0.00000		1.00000	0.00000	

TWOSTAGE #ZIELG1# ## #REST1#

TYPE	VARIABLE NAME	STAT	VALUE	COST	LOWER BOUND	UPPER BOUND	DJ	COMMENTS
B	E02040	BF	.24199	3.40000	0.00000	2.00000	0.00000	
B	F04150	BF	.09482	78.00000	0.00000	1.00000	0.00000	
B	G03040	BF	.70416	.45000	0.00000	1.00000	0.00000	
B	G04010	BF	.90518	46.00000	0.00000	1.00000	0.00000	
B	K04010	BF	1.00000	7.00000	0.00000	1.00000	0.00000	
B	L01040	BF	3.00000	7.00000	0.00000	4.00000	0.00000	
B	M01010	BF	.80784	12.00000	0.00000	1.00000	0.00000	
B	N02040	BF	.06536	17.00000	0.00000	1.00000	0.00000	
B	P08020	BF	1.00000	9.00000	0.00000	1.00000	0.00000	
P	B0101001	BF	.43320	.70000	0.00000	NONE	0.00000	
P	E0101001	BF	.00000	1.70000	0.00000	NONE	0.00000	
P	Q0802001	BF	.00000	.50000	0.00000	NONE	0.00000	
P	B0101002	BF	.43320	1.40000	0.00000	NONE	0.00000	
P	E0101002	BF	-.00000	3.40000	0.00000	NONE	0.00000	
P	Q0802002	BF	.00000	1.00000	0.00000	NONE	0.00000	
P	B0101003	BF	.43320	.70000	0.00000	NONE	0.00000	
P	E0101003	BF	.00000	1.70000	0.00000	NONE	0.00000	
P	L0203003	BF	-.00000	.90000	0.00000	NONE	0.00000	
P	Q0802003	BF	.00000	.50000	0.00000	NONE	0.00000	
P	B0101004	BF	.43320	.35000	0.00000	NONE	0.00000	
P	L0203004	BF	-.00000	.45000	0.00000	NONE	0.00000	
P	B0101005	BF	.43320	.70000	0.00000	NONE	0.00000	
P	L0203005	BF	-.00000	.90000	0.00000	NONE	0.00000	
P	B0101006	BF	.43320	.35000	0.00000	NONE	0.00000	
P	L0203006	BF	-.00000	.45000	0.00000	NONE	0.00000	
P	B0101007	BF	.43320	.11700	0.00000	NONE	0.00000	
P	L0203007	BF	-.00000	.15000	0.00000	NONE	0.00000	
P	B0101008	BF	.43320	.23300	0.00000	NONE	0.00000	
P	L0203008	BF	-.00000	.30000	0.00000	NONE	0.00000	
P	B0101009	BF	.43320	.11700	0.00000	NONE	0.00000	
P	Q0802010	BF	.01969	.50000	0.00000	NONE	0.00000	
P	Q0802011	BF	.01969	1.00000	0.00000	NONE	0.00000	
P	Q0802012	BF	.01969	.50000	0.00000	NONE	0.00000	
P	B0101013	BF	.00207	.35000	0.00000	NONE	0.00000	
P	B0101016	BF	.00207	.11700	0.00000	NONE	0.00000	
P	B0101019	BF	.00000	.70000	0.00000	NONE	0.00000	
P	Q0802019	BF	.01969	.50000	0.00000	NONE	0.00000	
P	Q0802020	BF	.01969	1.00000	0.00000	NONE	0.00000	
P	Q0802021	BF	.01969	.50000	0.00000	NONE	0.00000	
P	B0101022	BF	.00207	.35000	0.00000	NONE	0.00000	

TWOSTAGE *ZIEL01* ** *REST1*

TYP	*VARIABLE NAME*	*ST*	VALUE	COST	LOWER BOUND	UPPER BOUND	DJ	COMMENTS
P	*B0101025*	*BF*	.00207	.11700	0.00000	NONE	0.00000	

TWOSTAGE #/IELJ1# ## #RFST1#

NON BASIC VARIABLES

TYPE	VARIABLE NAME	STATUS	VALUE	CONSTRAINT VALUE	CONSTRAINT LOWER BOUND	CONSTRAINT UPPER BOUND	DUAL VALUE	COMMENTS
B	RFC1	NF	1.00000	1.00000	1.00000	2.00000	-22.51828	
B	RL01	NF	3.00000	3.00000	3.00000	6.00000	-2.40509	
B	RP01	NF	1.00000	1.00000	1.00000	2.00000	-6.33300	

TWOSTAGE *ZIEL 1* ** *REST1*

TYPE	VARIABLE NAME	STAT	VALUE	COST	LOWER BOUND	UPPER BOUND	DJ	COMMENTS
B	A02020	UP	3.00000	6.00000	0.00000	3.00000	-.05817	
H	G03050	UP	1.00000	.40000	0.00000	1.00000	-.08216	
H	K02071	UP	1.00000	11.00000	0.00000	1.00000	-.97993	
H	N02120	UP	1.00000	6.00000	0.00000	1.00000	-5.97826	
B	R02010	UP	2.00000	3.25000	0.00000	2.00000	-.31419	
H	R02021	UP	2.00000	2.50000	0.00000	2.00000	-1.09442	

```
UNIVERSITY OF MINNESOTA FORTRAN COMPILER (VERSION 5.2 - 26/04/78) ON THE CY73 UNDER NOS/BE 1.1.0

                  MNF,E=0.

  1.   000000B        PROGRAM PROGTS (OUTPUT=141,TAPE1=513,TAPE20=OUTPUT,TAPE19)
 (1) - N O T E  ----------------------------------------------PROGRAM STATEMENT IS NON STANDARD
  2.   003415B        DIMENSION    JSBND(242)
  3.   003415B        COMMON       //SS(5,15),TA(27,3),IR(219),AU(219,15),AM(219,15),
                     2               AO(219,15),C(647),ZWKOL(355),B(355),TNEW(355),
                     3               TRANS(355,76),ITRANS(76),ZWKOL1(355),IPIVOT(355),
                     4               JSTR(10), KJSTR, STRM(300), JSTRM(300),JPIVOT(647),
                     5               INDKJ,IND9,IND100,ISWEND,ISWST,ISWU,IND23,J23(23)
                 00000             LESEN INPUT
  4.   003415B        CALL         SRIN
  5.   004001B        ISWEND=0
  6.   004001B        NRTOT=1
  7.   004002B        NRIT=1
  8.   004003B        EPSI=0.00001
  9.   004004B        INDKJ=0
 10.   004005B        IND9=10
 11.   004006B        IND23=0
 12.   004006B        IND100=0
 13.   004007B        KJSTR=0
 14.   004010B        IBD=0
 15.   004010B        ISWST = 0
 16.   004011B        ISWU = 0
 17.   004011B        DO 1 J=1,242
 18.   004013B           JSEND(J)=0
 19.   004013B      1 CONTINUE
 20.   004016B        CALL SJPIV(IPIV,JPIV,NRTOT)
 21.   004020B        ITRANS(NRIT)=IPIV
 22.   004020B        CALL  SZWKOL (JPIV)
                 00000             BERECHNUNG DER TRANSFORMATIONSMATRIX T
 23.   004024B     20 DO  61  I=1,355
 24.   004025B           IF  (I.EQ.IPIV)              GO TO 62
 25.   004027B           TNEW(I) = -ZWKOL(I) / ZWKOL(IPIV)
 26.   004032B           GO TO 61
 27.   004034B     62    TNEW(I) = 1. / ZWKOL(IPIV)
 28.   004035B     61 CONTINUE
 29.   004041B        IF  (NRIT.EQ.1)        GO TO 47
 30.   004043B        NR = NRIT - 1
 31.   004044B        DO  46  K=1,NR
 32.   004046B           DO  44  I=1,355
 33.   004050B               IF (I.NE.IPIV) GO TO 43
 34.   004052B               ZWKOL(I) = TNEW(I)*TRANS(IPIV,K)
 35.   004056B               GO TO 44
 36.   004060B     43        ZWKOL(I) = TRANS(I,K) + TNEW(I)*TRANS(IPIV,K)
 37.   004066B     44    CONTINUE
 38.   004071B           DO  46  I=1,355
 39.   004072B               TRANS(I,K) = ZWKOL(I)
 40.   004072B     46 CONTINUE
```

Tabelle A-9: Code des (DSLP)

```
004101B      47 BIPIV = B(IPIV)
004103B         DO  48  I=1,355
004105B             IF (I.NE.IPIV)      GO TO 49
004107B             B(I) = TNEW(I)*BIPIV
004111B             GO TO 48
004112B      49     B(I) = B(I) + TNEW(I)*BIPIV
004116B      48 CONTINUE
004121B         IF (NRIT.EQ.1) GO TO 53
004123B         NR=NRIT-1
004124B         DO 52 K=1,NR
004126B            IF (ITRANS(K).EQ.IPIV) GO TO 51
004126B      52 CONTINUE
004133B      53 DO 50 I=1,355
004135B             TRANS(I,NRIT) = TNEW(I)
004135B      50 CONTINUE
004142B         GO TO 56
004142B      51 NRIT=NRIT-1
004144B      56 I1=IPIVOT(IPIV)
004146B         IPIVOT(IPIV)=JPIVOT(JPIV)
004150B         JPIVOT(JPIV)=I1
004151B         NRIT = NRIT+1
004152B      55 NR1=(NRTOT/10)*10
004155B         IF (NR1.EQ.NRTOT) CALL PRT(NRTOT)
004161B         NRTOT=NRTOT+1
004162B         IF  (ISWEND.NE.0)      GO TO 998
          CCCCC                 TEST BOUNDS
004163B         IF (IPIV.GT.219) GO TO 30
004165B         JBND=IPIV + 428
004166B      34 CALL SZWKOL(JEND)
004172B         CALL CZWKOL
004174B         IF (ZWKOL(355).LT.EPSI) GO TO 30
004176B         Z=99999.
004176B         IPIV = 0
004177B         DO 31 I=1,354
004202B            IF (ZWKOL(I).LT.EPSI) GO TO 31
004205B            Z1=B(I) / ZWKOL(I)
004206B            IF (Z.LT.Z1) GO TO 31
004211B            Z=Z1
004211B            IPIV = I
004213B      31 CONTINUE
004216B         IF (IPIV.EQ.0) GO TO 999
004217B         ITRANS(NRIT)=IPIV
004220B         IBD = IBD+1
004222B         JSBND(IBD)=JBND
004223B         JPIV=JEND
004224B         GO TO 20
```

```
 86.   0042258      30 DO 32 J=1,242
 87.   0042278         IF (JSEND(J).EQ.0) GO TO 33
 88.   0042318         JB = JSBND(J)
 89.   0042328         CALL SZWKOL(JB)
 90.   0042358         CALL CCJPIV(ST)
 91.   0042378         IF (ST.LE.EPSI) GO TO 32
 92.   0042418         JBND = JSBND(J)
 93.   0042428         GO TO 34
 94.   0042428      32 CONTINUE
                  CCCCC                TEST DER SWITCHES : ENDE?
 95.   0042468      33 CALL SJPIV(IPIV,JPIV,ARTOT)
 96.   0042518         IF (ISWEND.EQ.1) GO TO 55
 97.   0042528         IF (ISWU.EQ.1) GO TO 35
 98.   0042548         CALL  SZWKCL(JPIV)
 99.   0042578         CALL  CZWKCL
100.   0042618      35 ITRANS(NRIT)=IPIV
101.   0042618         GO TO 20
102.   0042638     998 CALL PRT(ARTOT)
103.   0042668     999 STOP
104.   0042678         END
```

```
      SUBROUTINE BGP
      DIMENSION STRING(10)
      REAL MAX3, SPE
      COMMON       /SS(5,15),TA(27,3),IR(219),AU(219,15),AM(219,15),
     2               AO(219,15),C(647),ZWKOL(355),B(355),TNEW(355),
     3               TRANS(355,76),ITRANS(76),ZWKOL1(355),IPIVOT(355),
     4               JSTR(10), KJSTR, STRM(300), JSTRM(300),JPIVOT(647),
     5               INDKJ,IND9,IND10C,ISWEND,ISWST,ISWU,IND23,J23(23)
CCCCC                BESTIMMUNG VON 10 BESTEN PIVOTKOLONNEN
CCCCC                AUFGRUND DER BASISGRADIENTENMETHODE
      EPSI=0.00001
      EPSIM= -0.00001
      DO 1000 K=1,10
         STRING(K)=0.
         JSTR(K)=0
 1000 CONTINUE
      DO 1001 J=1,15
         CALL SZWKOL(J)
         CALL CZWKOL
         IF(ZWKOL(355).LT.EPSI) GO TO 1001
         SAB=0.
         DO 1002 I=1,354
            IF(ZWKOL(I).LT.EPSIM) GO TO 1003
            SAB=SAB + ZWKOL(I)
            GO TO 1002
 1003       SAB=SAB - ZWKOL(I)
 1002    CONTINUE
         MAX3=ZWKOL(355) / (SAB + ZWKOL(355))
         JMAX3=J
         DO 1004 K=1,10
            SPE = STRING(K) + EPSI
            IF (MAX3.LE.SPE) GO TO 1004
            Z1=STRING(K)
            JZ1=JSTR(K)
            STRING(K)=MAX3
            JSTR(K)=JMAX3
            MAX3=Z1
            JMAX3=JZ1
 1004    CONTINUE
 1001 CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
1.   CCCCCCE        SUBROUTINE CCJPIV(ST)
2.   CCCCCCE        COMMON        //SS(5,15),TA(27,3),IR(219),AU(219,15),AM(219,15),
                   2               AO(219,15),C(647),ZWKOL(355),B(355),TNEW(355),
                   3               TRANS(355,76),ITRANS(76),ZWKOL1(355),IPIVOT(355),
                   4               JSTR(1C), KJSTR, STRP(3CC), JSTRP(3CC),JPIVOT(647),
                   5               INDKJ,IND9,IND1CC,ISWEND,ISWST,ISWU,IND23,J23(23)
               CCCCC               TEST OB PIVOTKOLONNE NOCH KANDIDAT
3.   CCCCCCE        ST = ZWKOL(355)
4.   CCCCCCE        DO 23 K=1,150
5.   CCCCC3E           IP=ITRANS(K)
6.   CCCCC3E           IF (IP.EQ.C) GO TO 24
7.   CCCCC5E           ST = ST * TRANS(355,K) * ZWKOL(IP)
8.   CCCC12E      23 CONTINUE
9.   CCCC15E      24 RETURN
10.  CCCC2CE        END
```

```
      SUBROUTINE  CZWKOL
      COMMON        //SS(5,15),TA(27,3),IR(219),AU(219,15),AM(219,15),
     2                AO(219,15),C(647),ZWKOL(355),B(355),TNEW(355),
     3                TRANS(355,76),ITRANS(76),ZWKOL1(355),IPIVOT(355),
     4                JSTR(10), KJSTR, STRM(300), JSTRM(300),JPIVOT(647),
     5                INDKJ,IND9,IND100,ISWEND,ISWST,ISWU,IND23,J23(23)
CCCCC               BERECHNUNG DER PIVOTKOLONNE MIT DER
CCCCC               TRANSFORMATIONSMATRIX T
      DO  81  I=1,355
         ZWKOL1(I) = 0.
         IS=0
         DO  82  K=1,150
             IP=ITRANS(K)
             IF (IP.EQ.0)  GO TO 83
             ZWKOL1(I) = ZWKOL1(I) + TRANS(I,K)*ZWKOL(IP)
             IF  (I.EQ.IP)  IS = 1
   82    CONTINUE
   83    IF (IS.NE.0)  GO TO 81
         ZWKOL1(I) = ZWKOL1(I) + ZWKOL(I)
   81 CONTINUE
      DO  84  I=1,355
         ZWKOL(I) = ZWKOL1(I)
   84 CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
CCCCCCB        SUBROUTINE SJFIV(IPIV,JPIV,NRTOT)
CCCCCCB        DIMENSION JDAT(9)
CCCCCCB        COMMON        //SS(5,15),TA(27,3),IR(219),AU(219,15),AM(219,15),
              2                AO(219,15),C(647),ZWKOL(355),B(355),TNEW(355),
              3                TRANS(355,76),ITRANS(76),ZWKOL1(355),IPIVOT(355),
              4                JSTR(10), KJSTR, STRM(300), JSTRM(300),JPIVOT(647),
              5                INDKJ,IND9,IND100,ISWEND,ISWST,ISWU,IND23,J23(23)
        CCCCC                BESTIMMUNG DER PIVOTKOLONNE AUS DEN
        CCCCC                PIVOTKANDIDATEN
CCCCCCB        EPSI=0.00001
CCCC11B        IF (ISWU.EQ.1.AND.ISWST.EQ.1) GO TO 23
CCCC17B        IF (IND100.NE.0) GO TO 25
        CCCCC                AUSWAHL AUS RANGES
CCCC20B      1 IND23=IND23 + 1
CCCC21B        IF (IND23.GT.23) GO TO 2
CCCC22B        IF (J23(IND23).EQ.0) GO TO 3
CCCC24B        JPIV=J23(IND23)
CCCC25B        CALL SZWKOL(JPIV)
CCCC30B        CALL CZWKOL
CCCC32B        GO TO 24
CCCC32B      3 CALL EGM
CCCC35B        IND23=23
        CCCCC                AUSWAHL AUS KANDIDATEN DER NICHT -
        CCCCC                BASISGRADIENTENMETHODE
CCCC35B      2 IND9=IND9+1
CCCC37B        IF (IND9.LE.9) GO TO 5
CCCC40B        KJSTR=KJSTR+1
CCCC41B        IF (KJSTR.GT.8)  GO TO 20
CCCC43B        IF (JSTR(KJSTR).LE.11) GO TO 7
CCCC45B        IF (JSTR(KJSTR).LE.13) GO TO 9
CCCC47B        DO 6 L=1,9
CCCC51B           JDAT(L) = (L-1)*45 + JSTR(KJSTR)
CCCC51B      6 CONTINUE
CCCC60B        GO TO 12
CCCC60B      7 DO 8 L=1,9
CCCC62B           JDAT(L) = (L-1)*15 +JSTR(KJSTR)
CCCC62B      8 CONTINUE
CCCC71B         GO TO 12
CCCC71B      9 L=0
CCCC72B        DO 10 L1=1,3
CCCC74B        DO 10 L2=1,3
CCCC76B           L3= (L1-1)*9 + L2
CCC100B           L=L + 1
CCC101B           JDAT(L) = (L3-1)*15 + JSTR(KJSTR)
CCC104B     10 CONTINUE
CCC110B     12 IND9=1
CCC110B      5 JPIV = JDAT(IND9)
CCC112B        CALL SZWKOL(JPIV)
CCC115B        CALL CZWKOL
CCC117B        IF (ZWKOL(355).LT.EPSI) GO TO 1
CCC121B        GO TO 24
```

```
43.   CCC121B      20 CALL PRT(ARTOT)
44.   CCC125B         IF (INDKJ.EQ.C) GO TO 42
45.   CCC126B         INDKJ=C
46.   CCC126E         KJSTR=C
47.   CCC126B         IND9=1C
48.   CCC13CB         GO TO 2
49.   CCC1311B     42 DO 22 K=1,300
50.   CCC1328             STRP(K)=0.
51.   CCC1328             JSTRP(K)=0
52.   CCC133B      22 CONTINUE
53.   CCC134B         IF (ISWST.EQ.1) GO TO 23
54.   CCC136B         IND1CC=C
55.   CCC136B         L=C
                 CCCCC               BESTIMMUNG DER PIVOTKOLONNENKANDIDATEN
                 CCCCC               MIT HILFE DER NICHTBASISGRADIENTENMETHODE
56.   CCC137B         DO 21 J=1,647
57.   CCC141B              CALL SZWKOL(J)
58.   CCC144B              CALL CCJPIV(ST)
59.   CCC146B              IF (ST.LE.EPSI) GO TO 21
60.   CCC15CB              L=L+1
61.   CCC151E              IF (L.GT.300) GO TO 3C
62.   CCC152E              STRP(L)=ST
63.   CCC153B              JSTRP(L)=J
64.   CCC155E      21 CONTINUE
65.   CCC16CB         IF (JSTRP(1).NE.0) GO TO 25
66.   CCC161E         CALL PRT(ARTOT)
                 CCCCC                  TEST DUALE ZULAESSIGKEIT
67.   CCC164B         ISWST = 1
68.   CCC164B      23 DO 27 K=1,150
69.   CCC166B            IF (ITRANS(K).EQ.0) GO TO 29
70.   CCC17CB            IF (TRANS(355,K).LE.EPSI) GO TO 27
71.   CCC174B            DO 28 I=1,355
72.   CCC176B               ZWKOL(I) = TRANS(I,K)
73.   CCC176B      28    CONTINUE
74.   CCC2C3B            ISWL=1
75.   CCC2C3B            GO TO 24
76.   CCC2C3E      27 CONTINUE
77.   CCC2C7B      29 IF(ISWU.EQ.0) GO TO 31
78.   CCC211B         ISWU=C
79.   CCC211B         ISWST = 0
80.   CCC211B         GO TO 42
81.   CCC213B      31 ISWEND=1
82.   CCC213B         GO TO 4
```

```
 83.   C0C214E      25 IND100=IND100 + 1
 84.   C0C216E         IF (IND100.GT.300) GO TO 30
 85.   C0C217E         JPIV = JSTRM(IND100)
 86.   C0C22CE         IF (JPIV.EQ.0) GO TO 42
 87.   C0C222E         CALL SZWKOL(JPIV)
 88.   C0C225E         CALL CCJPIV(ST)
 89.   C0C227E         IF (ST.LE.EPSI) GO TO 25
 90.   C0C231E         CALL C2WKOL
                CCCCC                 BESTIMMUNG DER PIVOTZEILE
 91.   C0C233E      24 Z=99999.
 92.   C0C233E         IPIV=0
 93.   C0C234E         DO 26 I=1,354
 94.   C0C237E               IF (ZWKOL(I).LT.EPSI) GO TO 26
 95.   C0C242E               Z1=B(I) / ZWKOL(I)
 96.   C0C243E               IF (Z.LT.Z1) GO TO 26
 97.   C0C246E               Z=Z1
 98.   C0C246E               IPIV=I
 99.   C0C25CE      26 CONTINUE
100.   C0C253E         GO TO 4
101.   C0C254E      30 ZERO=0.
102.   C0C254E         ABEND= 1./ ZERO
103.   C0C255E       4 RETURN
104.   C0C261E         END
       COMMENT  ------------------------------------MORE EFFICIENT TO SET JPIV TO LOCAL VARIABLE
       CAUTION  ----------------------------------------------------ABEND WAS SET BUT NEVER USED
```

```
 1.  CCCCCCE         SUBROUTINE   S2WKCL (JF)
 2.  CCCCCCB         DIMENSION    TIV(15)
 3.  CCCCCCE         INTEGER      TA, TIV
 4.  CCCCCCE         DATA         TIV/1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,2,2,3,3/
 5.  CCCCCCE         COMMON       //SS(5,15),TA(27,3),IR(219),AU(219,15),AM(219,15),
                     2              AO(219,15),C(647),ZWKOL(355),B(355),TNEW(355),
                     3              TRANS(355,76),ITRANS(76),ZWKOL1(355),IPIVOT(355),
                     4              JSTR(1C), KJSTR, STRM(3CC), JSTRP(3CC),JPIVCT(647),
                     5              INDKJ,IND9,IND1CC,ISWEND,ISWST,ISWL,IND23,J23(23)
                CCCCC               EESTIMMUNG DER KOLONNEN AUS DEN
                CCCCC               KOMPRIMIERTEN ORIGINALDATEN
 6.  CCCCCCB         JPIV=JP
 7.  CCCC17E         IF  (JPIV.LE.4C5)       GO TO 26
 8.  CCCC21E         IF  (JPIV.LE.428)       GO TO 23
 9.  CCCC236         J = JPIV-428
                CCCCC                       ECUNDS
10.  CCCC25B         DO  21  I=1,354
11.  CCCC27E             ZWKOL(I) = C.
12.  CCCC27B      21 CONTINUE
13.  CCCC32B         ZWKOL(J) = -1.
14.  CCCC32B         GO TO 40
                CCCCC                       RANGES
15.  CCCC34B      23 J = JPIV-4C5
16.  CCCC36B         DO 24 I=1,354
17.  CCCC4CE             ZWKOL(I)=0.
18.  CCCC4CB      24 CONTINUE
19.  CCCC43B         DO 25 I=1,219
20.  CCCC44B            IF (C(JPIV).GT.0.0) GO TO 22
21.  CCCC47B            IF (IR(I).EQ.J) ZWKOL(I)= -1.
22.  CCCC54E            GO TO 25
23.  CCCC54B      22    J1 = J + 1
24.  CCCC56B            IF (IR(I).EQ.J1) ZWKOL(I) = 1.
25.  CCCC62E      25 CONTINUE
26.  CCCC64B         GO TO 40
                CCCCC                       AL / AM / AO
27.  CCCC65B      26 J1 = (JPIV-1) / 15
28.  CCCC67B         J2 = JPIV - (J1*15)
29.  CCCC71B         IV = TIV(J2)
30.  CCCC72B         IG = J1+1
31.  CCCC73E         IF  (TA(IG,IV).EQ.1)    GO TO 3C
32.  CCC1CCE         IF  (TA(IG,IV).EQ.2)    GO TO 28
33.  CCC1C5B         DO  27  I=1,219
34.  CCC1C7E             ZWKOL(I) = AO(I,J2)
35.  CCC1C7B      27 CONTINUE
36.  CCC114E         GO TO 35
37.  CCC114B      28 DO  29  I=1,219
38.  CCC116B             ZWKOL(I) = AM(I,J2)
39.  CCC116B      29 CONTINUE
40.  CCC123E         GO TO 35
41.  CCC123B      3C DO  31  I=1,219
42.  CCC125B             ZWKOL(I) = AU(I,J2)
43.  CCC125B      31 CONTINUE
44.  CCC132B      35 DO  36  I=220,354
45.  CCC133B             ZWKOL(I) = C.
46.  CCC133B      36 CONTINUE
47.  CCC136E         DO  37  I=1,5
48.  CCC137E             I1 = J1*5 + I + 219
49.  CCC141B             ZWKOL(I1) = SS(I,J2)
5C.  CCC144B      37 CONTINUE
51.  CCC146B      40 ZWKOL(355) = C(JPIV)
52.  CCC147E         RETURN
53.  CCC152B         END
```

```
      SUBROUTINE   SEIN
      DIMENSION    ZW(6),CRID(23),CR(23),TAEQ(81),VAR2ST(5)
      EQUIVALENCE  (TAEQ(1),TA(1,1))
      INTEGER      TAEQ, TA
      DIMENSION    FTCT(27), PL(3), PM(3), PA(3), PCARD(9)
      EQUIVALENCE  (FCARD(1),PL(1))
      EQUIVALENCE  (PCARD(4),PM(1))
      EQUIVALENCE  (FCARD(7),PA(1))
      COMMON       /ISSC5,15),TA(27,3),IR(219),AU(219,15),AM(219,15),
     2               AO(219,15),C(647),ZWKOL(355),B(355),TNEW(355),
     3               TRANS(355,76),ITRANS(76),ZWKOL1(355),IPIVOT(355),
     4               JSTR(10), KJSTR, STRM(300), JSTRM(300),JPIVOT(647),
     5               INDKJ,IND9,IND10C,ISWERD,ISWST,ISWL,IND23,J23(23)
  100 FORMAT       (7X,8F9.3,1X)
  101 FORMAT       (1X,A6,F3.1,A4)
  102 FORMAT       (1X,A6,41X,3I4,2X,I4,14X)
  103 FORMAT       (A4,F4.0,72X)
  104 FORMAT       (A4,F7.1,69X)
  105 FORMAT       (1X,A6,73X)
  106 FORMAT       (1X,A6,8F9.3,1X)
  107 FORMAT       (80I1)
  200 FORMAT       (10X,9F6.4,16X)
C     EINLESEN DER ORIGINALDATEN
      DO  1  I=1,355
          TNEW(I) = C.
          IPIVOT(I) = I
          DO 1 J=1,76
             ITRANS(J) = 0
             TRANS(I,J) = 0.
    1 CONTINUE
      DO  2  I=1,647
          JPIVOT(I) = 1000 + I
    2 CONTINUE
      DO 3 I=1,219
         IR(I)=0
    3 CONTINUE
      DO 4 I=1,23
         J23(I)=0
    4 CONTINUE
      DO  5  I=1,5
          READ      (1,105)   VAR2ST(I)
    5 CONTINUE
      DO  6  I=1,23
          READ      (1,103)   CRID(I), CR(I)
          J = I+405
          C(J) = CR(I)
    6 CONTINUE
      DO  9  I=1,219
          READ      (1,100)   (AU(I,J),J=1,8)
          READ      (1,100)   (ZW(J),J=1,6)
                    AU(I,9)  = ZW(1)
                    AU(I,10) = ZW(6)
                    AU(I,11) = 4.1*AU(I,1)+9.3*AU(I,3)+4.1*AU(I,5)
                    AU(I,12) = ZW(2)
                    AU(I,13) = ZW(5)
                    AU(I,14) = ZW(3)
                    AU(I,15) = ZW(4)
                    J = I+428
```

```
 54.   000263B            READ     (1,101)   ID, C(J), RX
 55.   000273B                     C(J) = -C(J)
 56.   000274B                     DO  7  K=1,23
 57.   000276B                         IF (RX.NE.CRID(K)) GO TO 7
(57) - COMMENT  ---------------------------------------------IS FLOATING POINT EQUALITY EXPECTED
 58.   000300B                         IF (CR(K).GT.0.0) GO TO 81
 59.   000303B                         IR(I) = K
 60.   000304B                         GO TO 9
 61.   000306B     81                  IR(I) = K + 1
 62.   000307B                         GO TO 8
 63.   000307B      7              CONTINUE
 64.   000313B                     GO TO 9
 65.   000314B      8              K1=0
 66.   000314B     80              K1=K1 + 1
 67.   000316B                     K2 = K + 405
 68.   000317B                     IF  (J23(K1).EQ.K2) GO TO 9
 69.   000321B                     IF (J23(K1).NE.0) GO TO 80
 70.   000323B                     J23(K1) = K2
 71.   000324B      9 CONTINUE
 72.   000330B        K = 1
 73.   000331B        DO  10  I=1,219
 74.   000332B            READ     (1,106)   AMID, (AM(I,J),J=1,8)
 75.   000347B            READ     (1,100)   (ZW(J),J=1,6)
 76.   000356B                     AM(I,9)  = ZW(1)
 77.   000356B                     AM(I,10) = ZW(6)
 78.   000360B                     AM(I,11) = 4.1*AM(I,1)+9.3*AM(I,3)+4.1*AM(I,5)
 79.   000366B                     AM(I,12) = ZW(2)
 80.   000370B                     AM(I,13) = ZW(5)
 81.   000371B                     AM(I,14) = ZW(3)
 82.   000373B                     AM(I,15) = ZW(4)
 83.   000374B            READ     (1,100)
 84.   000401B            IF  (AMID.NE.VAR2ST(K))  GO TO 10
(84) - COMMENT  ---------------------------------------------IS FLOATING POINT EQUALITY EXPECTED
 85.   000403B            DO  11  J=1,15
 86.   000405B                SS(K,J) = AM(I,J)
 87.   000405B     11     CONTINUE
 88.   000415B            K = K + 1
 89.   000416B     10 CONTINUE
 90.   000421B        DO  12  I=1,219
 91.   000422B            READ     (1,100)   (AO(I,J),J=1,8)
 92.   000436B            READ     (1,100)   (ZW(J),J=1,6)
 93.   000445B                     AO(I,9)  = ZW(1)
 94.   000445B                     AO(I,10) = ZW(6)
 95.   000447B                     AO(I,11) = 4.1*AO(I,1)+9.3*AO(I,3)+4.1*AO(I,5)
 96.   000455B                     AO(I,12) = ZW(2)
 97.   000457B                     AO(I,13) = ZW(5)
 98.   000460B                     AO(I,14) = ZW(3)
 99.   000462B                     AO(I,15) = ZW(4)
100.   000463B            READ     (1,100)
101.   000470B     12 CONTINUE
```

```
1C2.   0CC472B         DO  13  J=1,15
1C3.   0CC474B             READ      (1,104)    ID, C1
1C4.   0CC5C2B             DO  13  K=1,27
1C5.   0CC5C3B                 L=15*(K-1)+J
1C6.   0CC5C5B                 C(L) = C1
1C7.   0CC5C7B     13 CONTINUE
1C8.   0CC513B         READ          (1,1C7)    (TAEQ(I),I=1,80)
1C9.   0CC522B         TAEQ(81)=3
                 CCCCC              EERECHNUNG DER FAKTOREN FUER DIE
                 CCCCC              KOEFFIZIENTEN DER ZIELFUNKTION DER
                 CCCCC              VARIABLEN DER ZWEITEN STUFE
110.   0CC5228         READ          (1,700)    (PCARD(I),I=1,9)
111.   0CC5328         DO 30 L=1,3
112.   0CC533B            DO 30 M=1,3
113.   0CC535B               DO 30 N=1,3
114.   0CC537B                  I=9*(L-1)+3*(M-1)+N
115.   0CC543B                  PTOT(I) = PL(L)*PP(M)*PN(N)
116.   0CC546B     30 CONTINUE
117.   0CC554B         K1 = 1
118.   0CC554B         DO  16  I=1,219
119.   0CC556B             READ      (1,1C2)
120.   0CC562B             READ      (1,1C2) APID, IEIN, ICGR, ICDET, IPORT
121.   0CC572B                       EIN = IEIN
122.   0CC573B                       CGR = ICGR
123.   0CC574B                       CDET = ICDET
124.   0CC576B                       PORT = IPORT
125.   0CC577B                       E(I) = CGR * PORT / EIN
126.   0CC6C1B                       DO  15  J=1,15
127.   0CC6C4B                           AU(I,J) = AU(I,J)*PORT/1CO.
128.   0CC61CB                           AM(I,J) = AM(I,J)*PORT/100.
129.   0CC611B                           AC(I,J) = AC(I,J)*PORT/1CC.
130.   0CC613B     15                    CONTINUE
131.   0CC614B                       IF (APID.NE.VAR2ST(K1))  GO TO 16
(131) - COMMENT  ------------------------------------------------IS FLOATING POINT EQUALITY EXPECTED
132.   0CC616B                       DO 17 J=1,15
133.   0CC62CB                          SS(K1,J) = SS(K1,J)*PORT/1CO.
134.   0CC62EB     17                    CONTINUE
135.   0CC627B                       DO  14  L=1,27
136.   0CC63CB                           P=5*(L-1) + K1 + 219
137.   0CC633B                           E(P) = (CDET*PORT/EIN) * PTOT(L)
138.   0CC637B     14                    CONTINUE
139.   0CC641B                       K1 = K1 + 1
140.   0CC642B     16 CONTINUE
141.   0CC645B         B(355) = C.
142.   0CC645B         RETURN
143.   0CC65CB         END
       CALTICN  ------------------------------------------------------PCARD WAS SET BUT NEVER USED
       CALTICN  ------------------------------------------------------ID WAS SET BUT NEVER USED
```

```
 1.   CCCCCCE         SUBROUTINE PRT(NRTOT)
 2.   CCCCCCE         COMMON        //SS(5,15),TA(27,3),IR(219),AU(219,15),AM(219,15),
                     2                AO(219,15),C(647),ZWKOL(355),B(355),TNEW(355),
                     3                TRANS(355,76),ITRANS(76),ZWKOL1(355),IPIVOT(355),
                     4                JSTR(10), KJST6, STRM(300), JSTRP(300),JPIVOT(647),
                     5                INDKJ,IND9,IND100,ISWEND,ISWST,ISWU,IND23,J23(23)
 3.   CCCCCC8      10 FORMAT (F12.6,I5)
 4.   CCCCCC6      11 FORMAT (20I4)
 5.   CCCCCCE      12 FORMAT (10F12.6)
 6.   CCCCCCE      79 FORMAT (1X,1917)
 7.   CCCCCC8      80 FORMAT (1H1,1X,9HITRANS(K))
 8.   CCCCCC6      81 FORMAT (1X,4HOBJ=,F12.6,6HNRTOT=,I6)
 9.   CCCCCCE      82 FORMAT (1X,19F7.2)
10.   CCCCCCE      83 FORMAT (//12HTRANS(355,K))
11.   CCCCCC8         WRITE (20,80)
12.   CCCCC3E         DO 20 I=1,4
13.   CCCCC4B            K1=(I-1)*19 + 1
14.   CCCCC6B            K2=I*19
15.   CCCCC7B            WRITE (20,79) (ITRANS(K),K=K1,K2)
16.   CCCC22B      20 CONTINUE
17.   CCCC24B         WRITE (20,83)
18.   CCCC3CB         DO 21 K=1,4
19.   CCCC31B            K1=(K-1)*19 + 1
20.   CCCC33B            K2=19*K
21.   CCCC34B            WRITE (20,82) (TRANS(355,K3),K3=K1,K2)
22.   CCCC52B      21 CONTINUE
23.   CCCC54B         WRITE (20,81) B(355), NRTOT
24.   CCCC62B         IF (ISWEND.EQ.C) GO TO 92
25.   CCCC63B         WRITE (19,10) B(355),NRTOT
26.   CCCC7CB         DO 90 I=1,4
27.   CCCC71B            I1=(I-1)*20 + 1
28.   CCCC73B            I2=I*20
29.   CCCC74B            WRITE (19,11) (ITRANS(I3),I3=I1,I2)
30.   CCC107B      90 CONTINUE
31.   CCC111B         DO 91 I=1,8
32.   CCC113B            I1=(I-1)*10 + 1
33.   CCC115B            I2=I*10
34.   CCC116B            WRITE (19,12) (TRANS(355,I3),I3=I1,I2)
35.   CCC131B      91 CONTINUE
36.   CCC133B      92 RETURN
37.   CCC134B         END
      N O T E  ----------------------------------FORMAT 10 MAY HAVE NON STANDARD COLUMN 1 OUTPUT
      N O T E  ----------------------------------FORMAT 11 MAY HAVE NON STANDARD COLUMN 1 OUTPUT
      N O T E  ----------------------------------FORMAT 12 MAY HAVE NON STANDARD COLUMN 1 OUTPUT
```

OPTIMAL-LOESUNG:
****

NR DER VAR.	2	21	55	60	61	62	88	94	102	109	127	132
WERT	3.0000	.2420	.0548	.7042	1.0000	.0052	1.0000	1.0000	3.0000	.8078	.0654	1.0000
NR DER VAR.	175	209	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WERT	1.0000	2.0000	2.0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ANZAHL ITERATIONEN: *180

WERT DER ZIELFUNKTION: -146.98

Tabelle A-10: Output Optimallösung des (DSLP)

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

[10] Balintfy, Josef L.
Menu Planning by Computer
Comm. of the ACM, Vol. 7, No 4, April 1964

[11] Smith, Victor E.
Electronic Computation of Human Diets
MSU Business Studies, 1963

[12] Stigler, George J.
The Cost of Subsistence
J. of Farm Economics, Vol. 27, 1945

[13] Van de Panne, C. / Popp, W.
Minimum Cost Cattle Feed under Probabilistic Protein Constraints
Managements Science, Vol. 9, 1963

[14] Wolfe, Philip
Persönliche Korrespondenz zwischen Wolfe und Smith, cit. [11]
Juni 1960 und April 1963

[20] Ganong, William F.
Medizinische Physiologie
Springer Berlin, Heidelberg, New York, 1972

[21] Geigy, J. R.
Tables scientifiques
Basel 1972

[22] Holtmeier, H. J. / Heilmeier, L.
Rezepttaschenbuch der Diätetik
Fischer Stuttgart, 1967

[23] Wachtel, U.
Empfehlungen für ein Programm zur Rationalisierung der Krankenkost
Maizena - Gesellschaft Hamburg, 1970

[24] Welsch, A.
Krankenernährung
Thieme Stuttgart, 1967

[30] Bosch, H.
Persönliche Mitteilungen von H. Bosch, 1976
Herausgeber von [33]

[31] Schormüller, Josef
Lehrbuch der Lebensmittelchemie
Springer Berlin, Heidelberg, New York, 1974

[32] Schuphan, Werner
Zur Qualität der Nahrungspflanzen
BLV Verlagsgenossenschaft, München, Bonn, Wien, 1961

[33] Souci, S. W. / Fachmann, W. / Kraut, H.
Die Zusammensetzung der Lebensmittel
Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1974

[34] Die Volkswirtschaft
Hrsg. Eidg. Volkswirtschaftsdepartement
Vol. 1 - 5, 1976

[35] Wochenbericht über Nahrungsmittelpreise in der Schweiz
Hrsg. Preiskontrollstelle des Eidg. Volkswirtschaftsdepartementes
Januar - April 1976

[40] Dantzig, George B.
Linear Programming and Extensions
Princeton, 1963

[41] FIDES - Rechenzentrum
LINOPT - Handbuch
Zürich, 1975

[42] Hadley, George
Linear Programming
Addison Wesley, Massachusetts, 1962

[43] Madansky, Albert
Methods of Solution of Linear Programs under Uncertainty
J. of the Operations Research Society
Vol. 10, 1962

[50a] De Buchet, Jacques
La résolution des programmes linéaires de grandes dimensions, le code OPHELIE
Metra, Vol. 4, No 1, 1965

[50b] De Buchet, Jacques
Expériences et statistiques sur la résolution des programmes linéaires de grandes dimensions
Metra, Vol. 6, No 1, 1967

[51] Härtter, Erich
Wahrscheinlichkeitsrechnung für Wirtschafts- und Naturwissenschafter
UTB Vandenhoeck, Göttingen, 1974

[52] Kall, Peter
Stochastic Linear Programming
Springer Berlin, Heidelberg, New York, 1976

[60] Beer, K.
Lösung grosser linearer Optimierungsaufgaben
VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften
Berlin 1977

[61] Dickson, J. C. / Frederick, F. P.
A Decision Rule for Improved Efficiency in
Solving Linear Programming Problems with the
Simplex Algorithm
Comm. of the ACM, Vol. 3, 1960

[62] Kuhn, Harold W. / Quandt, Richard E.
An Experimental Study of the Simplex Method
Proceedings of Symposia in Applied Mathematics
Vol. 15, 1963

[63] Wolfe, Philip / Cutler Leola
Experiments in Linear Programming
Ed. Graves R. L. / Wolfe Ph. : Recent
Advances in Mathematical Programming
McGraw Hill, 1963

L E B E N S L A U F

Name:	Jürg Weder
Geburtsdatum:	27. Januar 1943
Heimatort:	Diepoldsau / SG
1950 - 1956	Primarschule in Berneck
1956 - 1959	Sekundarschule in Berneck / Heerbrugg
1959 - 1963	Feinmechanikerlehre bei Wild Heerbrugg
1963	Lehrabschluss
1963 - 1966	Maturavorbereitung bei der Akademiker-gemeinschaft in Zürich
1966	Matura Typ C
1966 - 1973	Studium an der Universität Zürich
1973	Lizentiat in Wirtschaftswissenschaften
1972 - 1976	Tätigkeit als EDV-Organisator bei der FIDES-Treuhandgesellschaft in Zürich und Lausanne
1977	Wissenschaftlicher Beamter bei der Zentralstelle für Organisationsfragen der Bundesverwaltung in Bern